

साधारण विज्ञान
भौतिक शास्त्र
GENERAL SCIENCE
PHYSICS

—:०:—

लेखक
प्रोफेसर गोपाल स्वरूप भार्गव, एम० एस-सी०

—:०:—

प्रकाशक
नेशनल प्रेस

प्रयाग

१९३६

[मूल्य १]

Printed by
RAMZAN ALI SHAH at the National Press,
Allahabad

हाइस्कूल परीक्षा के साधारण विज्ञान (General Science) का पाठ्य पुस्तक हिन्दी में कोई उपस्थित न होने से विद्यार्थियों को बड़ी कठिनाई पड़ती थी। इसी कठिनाई को दूर करने के उद्देश्य से यह पुस्तक प्रकाशित की गई है। साधारण विज्ञान का पाठ्य क्रम बनाने से बोर्ड का यही अभिप्राय है कि साइंस के व्यापक मूल तत्वों का विद्यार्थियों को ज्ञान प्राप्त हो जाय। इसी उद्देश्य को सामने रख कर भौतिक शास्त्र के प्रारम्भिक मौलिक सिद्धान्तों का दिग्दर्शन इस पुस्तक में करा दिया गया है। विज्ञान का पठन पाठन बिना निरीक्षण तथा परीक्षण के नहीं हो सकता। यद्यपि साधारण विज्ञान कोर्स लेनेवालों को प्रयोग करने के लिए पर्याप्त समय तथा सामग्री मिलना कठिन होगा, तथापि पुस्तक के कलेवर में अनेक प्रयोग दे दिये हैं। इनमें बहुत से प्रयोग इतने सरल हैं कि विद्यार्थी गण सहज ही कर सकते हैं।

इसके अतिरिक्त विषय प्रतिपादन करते हुए नित्य के जीवन में होने वाली घटनाओं का, जिनका निरीक्षण करना सरल तथा परमावश्यक है, हवाला दिया गया है। आशा है कि इन बातों पर विचार करने से पाठकों का जीवन अधिक ज्ञानमय तथा आनन्दमय होगा।

प्रतिपादित विषय के हृदयगम करने के उद्देश्य से चित्रों के देने में प्रकाशक ने निस्संकोच व्यय किया है। इस छोटी से १६५ पृष्ठों के ग्रन्थ में लगभग १६० ब्लॉक हैं। आशा है कि विद्यार्थियों को यह चित्र अभीष्ट लाभ पहुँचायेगे।

हम विज्ञान परिषद् के मंत्री को चुम्बक के कुछ ब्लॉक देने के लिए धन्यवाद देते हैं। जो विद्यार्थी विषय को अधिक विस्तार से पढ़ना चाहते हों वह विज्ञान परिषद् की निम्नलिखित पुस्तकें पढ़ें।

विज्ञान प्रवेशिका भाग २

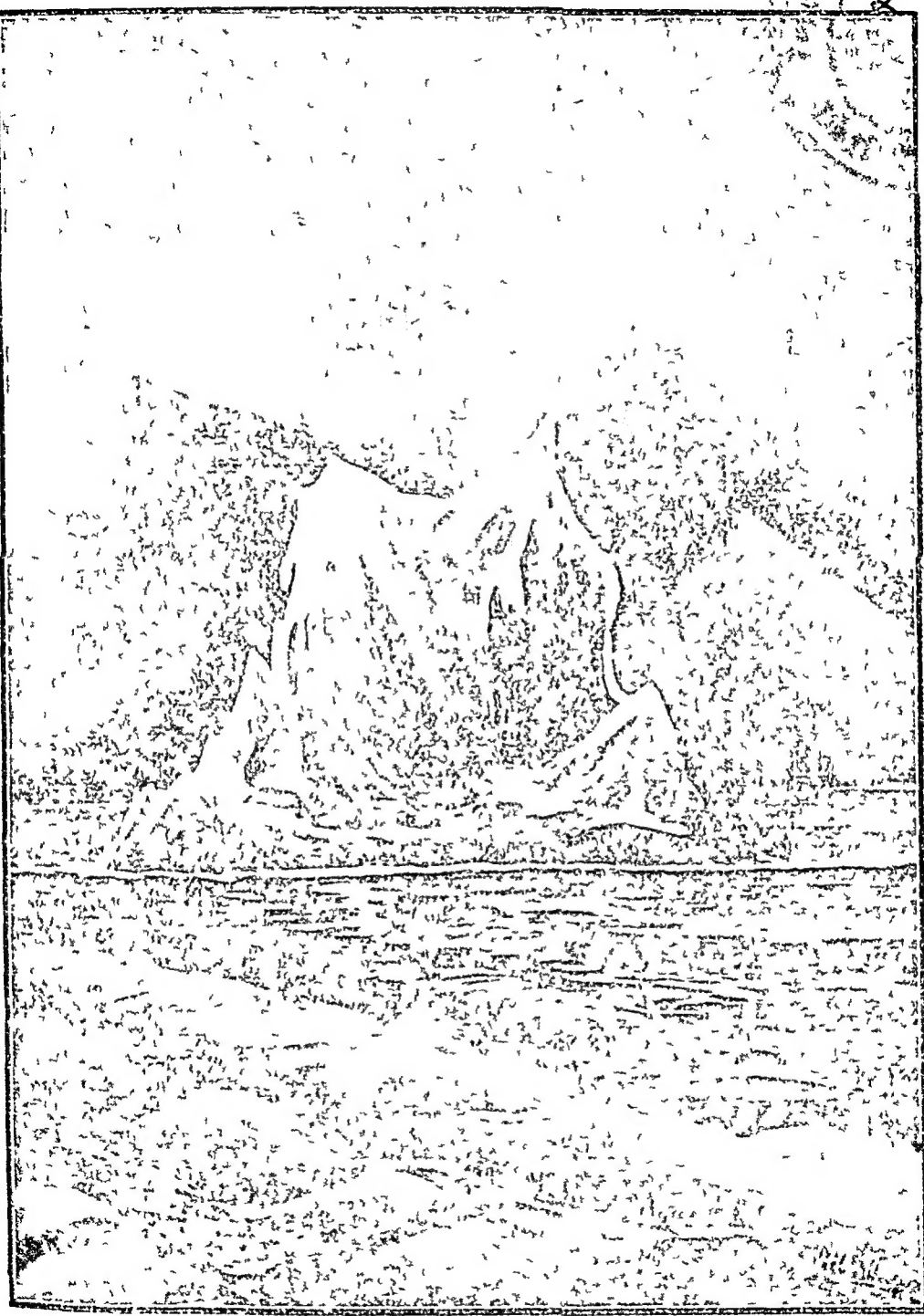
चुम्बक

ताप

गोपाल स्वरूप भार्गव

विषय-सूची

सख्या	विषय	पृष्ठ
पहला अध्याय—शक्ति और उसकी नाप	१
दूसरा अध्याय—दबाव (Pressure)	८
तीसरा अध्याय—घनत्व (Density)	१४
चौथा अध्याय—तैरते या उतराते पिण्ड (Floating bodies)		२२
पाँचवाँ अध्याय—वायु का दबाव (Atmospheric Pressure)		२६
छठवाँ अध्याय—शक्तियों का योगफल (Resultant)	..	३७
सातवाँ अध्याय—भाप का दबाव तथा शक्ति	४१
आठवाँ अध्याय—ताप, उसकी उत्पत्ति तथा पदार्थों पर प्रभाव		४५
नवाँ अध्याय—ठोसों पर गरमी का प्रभाव	४८
दसवाँ अध्याय—द्रवों का प्रसार और तापमापक	५३
ग्यारहवाँ अध्याय—ताप की मात्रा	६१
बारहवाँ अध्याय—ताप की यात्रा	७२
तेरहवाँ अध्याय—वायु की आर्द्रता (Humidity)	८३
चौदहवाँ अध्याय—प्रकाश की गति, छाया और ग्रहण	८७
पन्द्रहवाँ अध्याय—परावर्तन तथा समतल दर्पण	९१
सोलहवाँ अध्याय—गोलीय दर्पण (Spherical Mirrors)	९८
सत्रहवाँ अध्याय—वर्तन (Refraction)	१०६
अठारहवाँ अध्याय—तिपहल, वर्ण विच्छेद और रंग	११४
उन्नीसवाँ अध्याय—ताल (Lens) दूरदर्शक तथा अणुवीक्षण यंत्र		११८
बीसवाँ अध्याय—चुम्बकत्व	१२४
इक्कीसवाँ अध्याय—बिजली	१४०
बाईसवाँ अध्याय—धारात्मक विद्युत्	१५०



वहते हुए बरफ के पहाड़ (Iceberg)

पहला अध्याय

शक्ति और उसकी नाप

शक्ति (Force)

शक्ति से ससार के मारे काम चलते हैं । जो काम कर सकता है, जो गति शील है वही शक्तिमान् या शक्ति सम्पन्न कहाता है । साधारणतया गति या संचालन ही शक्ति की उपस्थिति के द्योतक समझे जाते हैं । शक्ति के रूपान्तरों पर, उसके 'प्रभावों और कार्यों पर विचार करना ही भौतिक शास्त्र (Physics) का ध्येय है ।

शक्ति क्या है ?

प्रयोगशाला की बड़ी मेज को हटाने के लिए उस पर शक्ति लगाइये । क्या मेज हटने लगती है ? यदि नहीं, तो दो चार मित्रों को भी अपने साथ शक्ति लगाने के लिए बुला लीजिये । देखिये कि मेज अपने स्थान से हटने लगती है । एक या दो व्यक्ति की शक्ति मेज के हटाने के लिए पर्याप्त नहीं थी, चार व्यक्तियों की शक्ति से वह हटने लगी । यदि एक या दो और व्यक्ति सहायता दे तो मेज की गति बढ जायगी । अब यदि कुछ व्यक्ति दूसरी तरफ जाकर उस मेज को पहले से विपरीत दशा में ठेलने लगे तो उसकी गति कम हो जायगी और सम्भव है कि रुक जाय अथवा उल्टी दिशा में गति होने लगे ।

उपर्युक्त बातों पर विचार करने से स्पष्ट है कि शक्ति

(१) स्थिर पिण्ड को गति प्रदान करती है अथवा प्रदान करने की चेष्टा करती है ।

(२) गतिमान पिण्ड की गति को शक्ति घटा बढ़ा या रोक सकती है या उसकी दिशा बदल सकती है, अतएव हम कह सकते हैं कि शक्ति वह है जिसके द्वारा किसी पिण्ड की स्थिरता अथवा समान गति की अवस्था में परिवर्तन हो जाता है अथवा परिवर्तन होना सम्भव होता है ।

जहाँ कहीं स्थिरता अथवा सम गति की दशा में परिवर्तन होगा वहाँ कोई शक्ति अवश्य काम कर रही होगी । इसी बात को न्यूटन ने गति के पहिले नियम में बतलाया था :—

न्यूटन का गति का पहला नियम

(Newton's 1st law of motion)

प्रत्येक पिण्ड स्थिरता अथवा समान गति की अवस्था में रहता है, जब तक कि कोई शक्ति उस पर काम नहीं करती ।

मान लीजिये कि आपने एक फुटबाल को किक किया । फुटबाल फील्ड पर लुढ़कती जा रही है । आपके पद प्रहार से उसमें गति उत्पन्न हुई, उसी गति से, वेग से, वह निरन्तर चलती रहेगी । परन्तु हम देखते हैं कि उसका वेग कम होता जाता है और कुछ देर बाद वह ठहर जाती है । इसका कारण है कि फील्ड की धरती से उसकी रगड़ होती है जिसके कारण एक शक्ति पैदा हो जाती है और यह शक्ति उसके वेग को घटाते घटाते शून्य कर देती है । कदाचित् फुटबाल और फील्ड दोनों पूर्णतः चिकने होते तो फुटबाल कभी न रुकती ।

ऊपर की ओर फेंकी हुई गेंद क्यों गिरती है ?

पृथ्वी हर एक पिण्ड को अपने केन्द्र की ओर खींचती है और अपने तल से सटाये रखने का प्रयत्न करती है । वस्तुतः प्रत्येक पिण्ड भी पृथ्वी

को अपनी ओर उतनी ही शक्ति से खींचता है जितनी शक्ति कि पृथ्वी उस पर लगा रही है, परन्तु यह शक्ति पृथ्वी को तो नहीं विचलित करती। हों अन्य पिण्ड पृथ्वी की ओर अवश्य खिंच आते हैं।

आप एक गेद को वेग से ऊपर की ओर फेंकिये। वह ऊपर की ओर चलती है किन्तु उसका वेग निरन्तर कम होता जाता है। कुछ काल में वह शून्य हो जाता है तब उसकी गति पृथ्वी की ओर को होने लगती है। गिरते समय उसका वेग बढ़ता जाता है और जब वह पृथ्वी से स्पर्श करती है तो उसका वेग उतना ही होता है जितना कि ऊपर फेंके जाने के समय था।

पृथ्वी की आकर्षण शक्ति पहले गेद के वेग को घटाती है; यहाँ तक कि उसे शून्य के बराबर कर देती है और तदनन्तर उसके वेग को बढ़ा कर अपने तल की ओर अग्रसर करती है।

मात्रा और भार

(Mass and weight)

यदि किसी पिण्ड को लेकर हम यात्रा करें—मान लो कि सामान, से भरा हुआ बक्सा हम लेकर चले तो उसके पदार्थ की मात्रा निरन्तर उतनी ही बनी रहेगा जब तक कि उसका कोई अंश हटाया न जाय या और कोई चीज उसमें रख न दी जाय।

परन्तु अब मान लो कि उसी बक्से को एक कमानिदार वेलेंस (Spring balance) के हुक से लटका कर किसी पहाड़ पर हम चढ़ें तो देखेंगे कि वेलेंस का काँटा निरन्तर ऊपर उठता जा रहा है। स्पष्ट है कि पर्वत पर चढ़ने से पृथ्वी जिस शक्ति से बक्से को अपनी ओर खींचती थी कम होती जा रही है। इसी को उस पिण्ड का भार कहते हैं। उसकी मात्रा पर्वत के नाचे उतनी ही होती है जितनी पर्वत के शिखर पर। परन्तु पर्वत मूल में भार अधिक और शिखर पर कम हो जाता है। अतएव मात्रा और भार का भेद समझ लेना चाहिये।

भौतिक शास्त्र

जितना पदार्थ किसी पिण्ड में रहता है वह उस पिण्ड की मात्रा (Mass) कहलाती है ।

जिस शक्ति से पृथ्वी किसी पिण्ड को अपनी ओर खींचती है वह उसका भार (Weight) कहलाता है ।

यदि किसी पिण्ड को पृथ्वी के भिन्न भिन्न भागों में स्प्रिंग वेलेस से तौला जाय तो यह पता चलेगा कि ज्यों ज्यों हम ध्रुव प्रदेश की ओर जायेंगे भार बढ़ता जायगा, भूमध्य रेखा पर भार न्यूनतम होगा । इसका कारण यह है कि ध्रुवों पर पृथ्वी का (Radius) अर्ध व्यास सबसे कम और भूमध्य रेखा पर सब से अधिक है, अतएव ध्रुव प्रदेश में पृथ्वी का गुरुत्वाकर्षण अधिकतम और भूमध्य रेखा पर न्यूनतम है ।

गुरुत्वाकर्षण का नियम

(Law of gravitation)

प्रत्येक दो पिण्ड परस्पर आकर्षण करते हैं । यह आकर्षण की शक्ति उन पिण्डों की मात्राओं के गुणन फल के अनुपात में और उनके केन्द्रों की दूरी के वर्ग के विपरीत अनुपात में होती है ।

मात्रा कैसी नापी जाती है ?

दो पिण्डों की मात्राओं की तुलना करने के लिए हम साधारणतः तराजू या तुला का प्रयोग करते हैं । तुला के पलड़े में हम बाट या बटखरे रखते हैं और दूसरे में वह पिण्ड जिसकी मात्रा निकालना होता है ।

वांट या बटखरे क्या होते हैं ?

इङ्ग्लैण्ड में स्टैंडर्ड्स (Standards Office) में एक प्लाटिनम का पिण्ड रखा है जिसकी मात्रा एक पौंड मानी जाती है । इसी की प्रति मूर्तियाँ बनाकर वितरित की जाती हैं । छोटी मात्राओं के तौलने के लिए पौंड के छोटे अंश ग्रैस आदि काम में लाये जाते हैं । बड़ी मात्राओं के लिए स्टोन, हर्ट्ज़ेब्रेट आदि पौंड से कई गुनी भारी मात्राओं का प्रयोग होता है ।

वेग की इकाई

प्रयोग शाला में हम ग्राम का प्रयोग करते हैं। ग्राम किलोग्राम का सहस्रांश है। किलोग्राम भी पेरिस नगर में सुरक्षित रखा है। इसी की प्रति मूर्तियाँ सर्वत्र प्रचलित हैं।

साधारण तुला में हम मात्राओं की तुलना भारों के द्वारा करते हैं। एक ही स्थान पर दो समान मात्रा वाले पिण्डों के भार भी बराबर होंगे। दूसरे स्थान पर ले जाने पर उनके भार बदल सकते हैं, परन्तु रहेंगे बराबर। दोनों के भारों में जो परिवर्तन होगा वह बराबर होगा। यही कारण है कि साधारण तुला से तोले हुए दो पिण्डों की मात्राओं का अनुपात सदा एक ही बना रहता है। स्प्रिंग बैलेंस के द्वारा दो स्थानों पर तोले हुए पिण्ड संभव है कि बराबर मात्रा वाले न हों, क्योंकि स्प्रिंग बैलेंस में हम भार की माप करते हैं न कि मात्रा की।

शक्ति की नाप

(Measurement of Force)

शक्ति की इकाई की परिभाषा दे देना अब सरल हो गया। एक ग्राम के पिण्ड को पृथ्वी जिस शक्ति से खींचती है, उस शक्ति को हम एक ग्राम भार (Gram's weight) कहते हैं। स्पष्ट है कि यह इकाई भिन्न भिन्न स्थानों पर भिन्न परिमाण की होगी, क्योंकि पृथ्वी की आकर्षण शक्ति ही अनेक स्थानों पर एक सी नहीं है। अतएव एक और इकाई काम में लाई जाती है जिसे डैन कहते हैं।

वेग की इकाई

स्थान परिवर्तन को गति कहते हैं। मान लो कि एक पिण्ड अ गति कर रहा है। और प्रत्येक सैकण्ड में ४० श० मी० चल लेता है। अतएव उसकी चाल की नाप हुई ४० श० मी० प्रति सैकण्ड। अब यदि यह भी मालूम हो कि वह किस दिशा में गति कर रहा है तो कहेंगे कि उसका वेग (Velocity) ४० श० मी० प्रति सैकण्ड विदित दिशा में है।

स्पष्ट है कि वेग बतलाने के लिए दो तरह की इकाइयों का कथन करते हैं—लम्बाई की और समय की। अतएव वेग की इकाई फुट ११ श० मी० प्रति सैकंड। यह इकाई गौण इकाई है। ब्रिटिश पद्धति में वेग की इकाई होगी—१ फुट प्रति सैकंड।

शक्ति की इकाई डैन

(Unit of force : the dyne)

यदि कोई शक्ति एक ग्राम के पिण्ड पर एक सैकण्ड तक क्रिया करके उसमें एक श० मी० प्रति सैकंड का वेग उत्पन्न कर सकती है तो वह शक्ति एक डैन कहलाती है।

यदि यह शक्ति निरन्तर काम करती रहे तो वेग भी बढ़ता चला जायगा। पहले सैकण्ड के अन्त में वेग होगा १ श० मी० प्रति सैकंड

दूसरे	”	”	”	”	२	”	”
तीसरे	”	”	”	”	३	”	”

स्पष्ट है कि वेग परिवर्तन शील है। ऐसी दशा में हम कहते हैं कि पिण्ड में गत्यन्तर हो रहा है। (acceleration) गत्यन्तर का परिमाण है एक श० मी० प्रति सैकंड प्रति सैकंड, क्योंकि प्रत्येक सैकंड में गति का अन्तर एक श० मी० प्रति सैकंड होता है।

इसी लिए डैन की दूसरी परिभाषा हुई—

डैन वह शक्ति है जो एक ग्राम पर लगा देने पर उसमें १ श० मी० प्रति सै० प्रति सै० का गत्यन्तर पैदा कर सकती है।

पृथ्वी का गुरुत्वाकर्षण

प्रयोगों द्वारा पता चलता है कि कोई भी पिण्ड पृथ्वी के आकर्षण के कारण प्रयोग में ९७६ श० मी० प्रति सै० के गत्यन्तर से चलता है। यदि पिण्ड का मान एक ग्राम हो तो उस पर पृथ्वी ९७६ डैन की शक्ति से आकर्षण करेगी।

पृथ्वी का गुरुत्वाकर्षण

एक ग्राम भार = ९७९ डैन । यदि किसी पिण्ड की मात्रा m ग्राम है तो उसका भार = $९७९ \times m$ डैन । चूँकि यह सख्या ९७९ स्थानानुसार बदलती रहती है इसलिए इसके स्थान पर g काम में लाते हैं । अतएव हम कह सकते हैं कि जिस पिण्ड की मात्रा m है तो उसका भार = $m \times g$ डैन ।

दूसरा अध्याय

दबाव (Pressure)

जो शक्ति क्षेत्रफल की प्रत्येक इकाई पर काम करती है वह दबाव या चाप कहलाती है ।

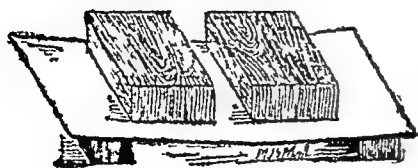
मान लो कि एक ५०० ग्राम की ईंट ली जिसका निचला भाग १६ श० मी० लम्बा और ८ श० मी० चौड़ा है । वह मेज पर रख दी गई । उसका भार मेज के १६×८ अथवा १२८ वर्ग श० मी० पर दबाव डाल रहा है । पृथ्वी इस ईंट को ५००×९७६ डैन की शक्ति से खींचती है अतएव

$$\begin{aligned} \text{शक्ति प्रति वर्ग श० मी०} &= \frac{५०० \times ९७६}{१६ \times ८} \text{ डैन} \\ &= ३८२४ \text{ २ डैन} \end{aligned}$$

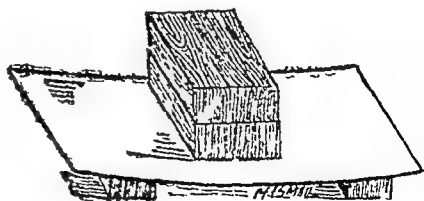
.. दबाव = ३८२४ २ डैन प्रति वर्ग श० मी०

ऊपर ठोस पिण्ड के दबाव का उदाहरण दिया गया है ।

दबाव निकालने के लिए पूर्ण शक्ति तथा वह क्षेत्रफल जिस पर वह शक्ति लगी हुई है ज्ञात होना चाहिये । यदि इनमें कोई एक भी बदल जायगा, तो दबाव भी बदल जायगा ।



चित्र १— (क)



(ख)

एक कागज की दफ्ती दो ईंटों पर रख दो । इस पर दो लकड़ी के

द्रव स्तम्भ का दबाव

चौकोर टुकड़े बराबर बराबर रख दो। दफ्ती लच जायगी। अब एक लकड़ी के टुकड़े को दूसरे के ऊपर रख दो। देखो क्या परिवर्तन हुआ ? कारण बताओ।

द्रव स्तम्भ का दबाव

(Pressure of a liquid Column)

एक बीकर हाथ पर रखो। देखोगे कि वह हलका है। अब उसमें क्रमशः पानी भरते जाओ। उसका वजन बढ़ता जायगा। यह अनुभव कैसे हुआ ? क्योंकि पहले उसका हाथ पर कम दबाव था, जो क्रमशः बढ़ता गया। अब मान लीजिये कि बीकर के पेंदे का क्षेत्रफल अ श० है और पानी का वजन व ग्राम भार है। तो पानी का बीकर की तलैटी पर दबाव होगा।

$$\text{दबाव} = \frac{\text{व}}{\text{अ}} \text{ ग्राम भार प्रति वर्ग श० मी०}$$

$$= \frac{\text{व}}{\text{अ}} \times \text{ग डैन प्रति वर्ग} \quad , ,$$

(जहाँ ग पृथ्वी के गुरुत्वाकर्षण का परिमाण है)

यदि बीकर में पानी की ऊँचाई “ स ” शतास मीटर हो तो पानी का आयतन = $\text{स} \times \text{अ घन श० मी०}$ और उसका वजन = $\text{स} \times \text{अ} \times \text{घ}$ ग्राम भार।

(यदि घ ग्राम प्रति घन श० मी० पानी का घनत्व हो तो।

अतएव बीकर के पेंदे पर

$$\text{दबाव} = \frac{\text{स} \times \text{अ} \times \text{घ}}{\text{अ}} \text{ ग्राम भार प्रति व० श० मी०}$$

$$= \text{स} \times \text{घ} \quad \text{ग्राम भार} \quad , ,$$

$$= \text{स} \times \text{घ} \times \text{ग डैन} \quad , ,$$

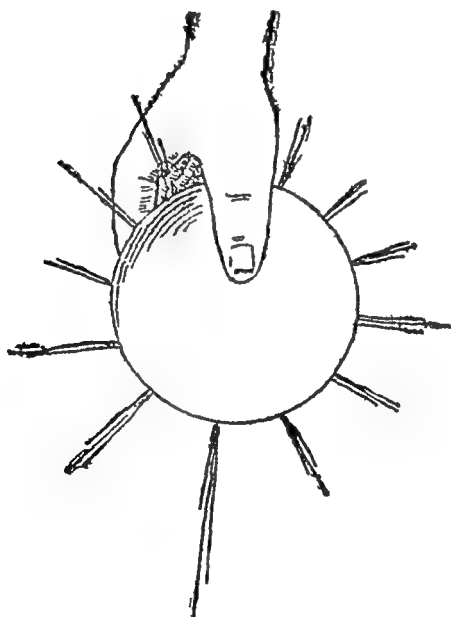
स्पष्ट है कि दबाव पानी की ऊँचाई और उसके घनत्व पर निर्भर है, न कि पेंदे के क्षेत्रफल पर। अतएव जितनी अधिक ऊँचाई होगी उतना

ही अधिक दबाव होगा । यदि पानी के स्थान पर कोई अन्य गुरुतर तरल भर दे तो भी दबाव बढ़ जायगा ।

द्रव-स्तम्भ के बीच में दबाव

(Pressure inside a liquid column)

मान लीजिये कि एक बर्तन में या हौज में पानी भरा है । क्या उसके पेदे पर ही दबाव पड़ रहा है । आप अपना हाथ पानी में डालिये, एक बार हथेली को खड़ा रख कर, दूसरी बार पृथ्वी के समानान्तर रख कर । देखिये हाथ को नीचे ले जाने में कब परिश्रम अधिक हुआ । अब हाथ को दोनों प्रकार निकालने का प्रयत्न कीजिये । किस प्रकार निकालने में अधिक परिश्रम करना पड़ता है ?



चित्र २

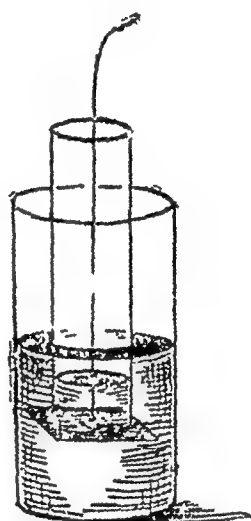
इस प्रयोग से स्पष्ट हो जायगा कि पानी में जितनी अधिक निचाई से

हथेली उठाने का प्रयत्न किया जायगा उतना ही अधिक परिश्रम करना पड़ेगा। स्पष्ट है कि जितनी अधिक गहराई पर हथेली होगी उतना ही अधिक दबाव अतएव अधिक प्रयत्न करना पड़ेगा।

किसी भी गहराई पर दबाव निकालने का सूत्र वही है जो ऊपर दिया जा चुका है। अर्थात् दबाव = $g \times$ घ ग्राम भार प्रति व० श० मी०

क्या द्रव का दबाव नीचे की ओर ही हांता है ?

प्रयोग—एक रबड़ की गेद लेकर उसमें एक छेद कर लो और पानी भर दो। छिद्र को एक अँगुली से बंद करो, अब एक सुई लेकर गेद में जगह जगह चुभो दो। यदि अब गेद दबाई जाय तो पानी सभी बारीक छिद्रों में से सम वेग से निकलने लगेगा यह भी ज्ञात होगा कि सभी धाराएँ केन्द्र से आरही हैं। स्पष्ट है कि दबाव चारों ओर समान परिमाण में संचालित होता है।



प्रयोग एक लम्बे घट में पानी भर कर उसमें एक काँच की नली जिसके मुँह पर, डोरे से बंधा टीन का टुकड़ा लगा हो डुबोने का प्रयत्न करो। देखोगे कि पानी के तल के नीचे पहुँचते ही, टीन के पत्र को डोरे से खींचना आवश्यक नहीं है। पानी का दबाव उसे नली के मुँह से सटाये रखता है। अब देखोगे कि पानी धीरे धीरे ट्यूब में घुसने लगेगा। जब पानी का तल ट्यूब में बाहर के पानी के तल के बराबर हो जायगा टीन का टुकड़ा स्वतः गिरने लगेगा।

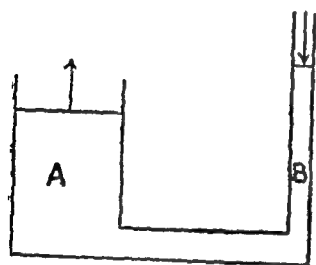
चित्र ३

स्पष्ट है कि पानी का दबाव टीन पर ऊपर की तरफ पड़ रहा है और जब टीन पत्र पर बाहर भीतर का दबाव बराबर हो जाता है तो अपने भार के कारण पत्र नीचे की ओर गिरने लगता है।

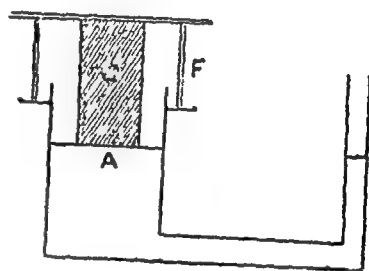
ब्रह्मा का प्रेस

(Bramah's Press)

दो नलिकाएँ A तथा B परस्पर जुड़ी हुई हैं। A का व्यास B के व्यास से कई गुना बड़ा है। यदि दोनों में पानी भर कर डट्टे लगा दिये जायँ और B के डट्टे पर एक भार P रख दिया जाय तो दूसरा डट्टा ऊपर उठने लगेगा। यदि A का क्षेत्रफल B से दस गुना है तो A के डट्टे पर $10 P$ का भार लादना पड़ेगा तब कहीं उसमें का डट्टा अपने स्थान पर



चित्र ४



चित्र ५

रहेगा। स्पष्ट है कि यदि एक आदमी अपनी शक्ति B पर लगा रहा है तो A पर दस आदमियों की शक्ति लगानी पड़ेगी। रुई के गद्दों के दबाने के लिये इस यंत्र का काम में लाया जाता है। A के डट्टे के ऊपर गद्दा रख दिया जाता है। जब B के मुँह पर शक्ति लगाई जाती है तो गद्दे पर दस गुनी शक्ति काम करेगी और उसके उठायेगी। यदि उसके ऊपर एक प्लेटफार्म F है तो उसके और डट्टे के बीच में गद्दा दब जायगा। यदि A का क्षेत्रफल B से १००० गुना अधिक है तो १००० गुनी शक्ति से गद्दा दबेगा।

यद्यपि शक्ति १००० गुनी होगी परन्तु दबाव दोनों ओर बराबर होगा।

$$\text{दाहिनी ओर दबाव} = \frac{P}{A \text{ का क्षेत्रफल}}$$

$$\begin{aligned} \text{बाई " " } &= \frac{1000 P}{B \text{ का क्षेत्रफल}} \\ &= \frac{1000 P}{1000 \times A \text{ का क्षेत्रफल}} \\ &= \frac{P}{A \text{ का क्षेत्रफल}} \end{aligned}$$

प्रश्न

- (१) कुर्सी पर बैठने से अथवा उस पर खड़े होने से अधिक दबाव पड़ता है ?
- (२) चारपाई पर बैठने, लेटने अथवा खड़े होने से उसके टूटने की सम्भावना कब अधिक होती है ?

तीसरा अध्याय

घनत्व

(Density)

लोहे, सीसे, पीतल, मट्टी के चौकोर वर्गाकार टुकड़े बनालो । मान लो कि प्रत्येक वर्ग का भुज एक श० मी० है । इनके सावधानी से तुला में रख कर तोल लो । यदि ठीक ठीक नाप की जायगी तो इस प्रकार परिमाण निकलेगा :—

१ घन श० मी० लोहे का वजन = १० ८ ग्राम

„ „ सीसे „ = ११ ६ „

„ „ पीतल „ = ८ ७ „

स्पष्ट है कि बराबर आयतन वाले भिन्न पदार्थों के टुकड़ों के भार भिन्न होते हैं । अथवा यों कहिये कि पदार्थों का घनत्व अलग अलग होता है । किसी भी पदार्थ के एक घ० श० मी० आयतन के भार को उसका घनत्व (Density) कहते हैं ।

अब मान लीजिये कि किसी पदार्थ का घनत्व निकालना है तो उसके सम भुज घन बनाने में बड़ा परिश्रम होगा । अतएव उसका आयतन निकाल लेना चाहिये और तदनन्तर उसके तौल लेना चाहिये । यदि उसका भार भ ग्राम है और आयतन आ घ० श० मी० है तो उसके एक

घ० श० मी० का भार अथवा उसका घनत्व होगा $\frac{\text{भ}}{\text{आ}}$ प्रति घ० श० मी०

आयतन निकालने की विधि

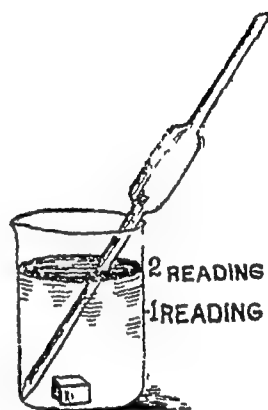
(Determination of Volume)

पहली विधि

यदि ठोस वस्तु किसी ज्यामितीय आकार की है तो उसका आयतन

सहज ही निकाल सकते हैं किन्तु यदि वह बेडौल हो तो नीचे लिखी विधि काम में ला सकते हैं—

एक घट में कुछ पानी भरो इतना कि वस्तु उसमें डूब सके। पानी के तल का द्योतक निशान घट पर लगा दो। अब उक्त वस्तु को पानी में डुबो दो। पानी का तल उठ जायगा। नये तल का द्योतक निशान भी लगा लो। अब उस वस्तु को सावधानी से निकाल लो। उसके साथ पानी की बूँदे बाहर न आने पावे। अब किसी नपने घट से पानी उस घट में छोड़ते जाओ यहाँ तक कि पानी दूसरे निशान तक चढ़ जाय। इस प्रकार उस वस्तु का आयतन उतना होगा जितना पानी कि घट में छोड़ा गया है। उसी वस्तु को तौल कर उसका भार भी निकाल सकते हैं। इस प्रकार वस्तु का आयतन तथा भार मालूम कर लेने पर उस पदार्थ का घनत्व भी मालूम हो जायगा जिसकी वह बनी है।



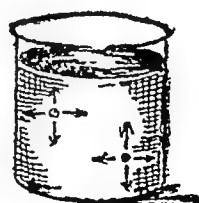
चित्र ६

अर्क मीदिस का सिद्धान्त

(Principle of Archimedes)

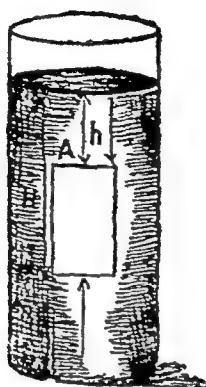
दूसरी विधि

किसी घट में रखे हुए पानी के भीतर कल्पना कीजिये कि पानी का एक घनाकार पिण्ड है। क्या यह गतिमान है या स्थिर? यदि स्थिर है तो दाएँ बाएँ और आगे-पीछे का दबाव बराबर होना चाहिये। किन्तु वह ऊपर या नीचे की ओर भी गति नहीं करता। अतएव जो शक्ति ऊपर से नीचे की ओर काम कर रही है वह उस शक्ति के बराबर होनी चाहिये जो नीचे से ऊपर की ओर काम कर रही है।



चित्र ७

नीचे की तरफ काम करने वाली दो शक्तियाँ हैं उसका भार और उमके ऊपर के तल का दबाव। ऊपर की तरफ केवल नीचे के तल का दबाव काम कर रही है।



चित्र ८

ऊपर के तल का दबाव \div भार

$=$ नीचे के तल का दबाव

\therefore नीचे के तल का दबाव $—$ ऊपर के तल का दबाव $=$ भार
अब कल्पना कीजिये कि इस समघनाकार पानी को हटा कर उतना ही बड़ा एक पीतल का टुकड़ा उसके स्थान पर रख दे, तो आगे पीछे, दाएँ-बाएँ के दबाव तो एक दूसरे को रोक लेंगे और साम्यावस्था में रहेंगे। परन्तु नीचे का दबाव ऊपर के दबाव से सम आयतन वाले पानी के भार के परिमाण में अधिक है। अतएव पीतल का भार कम हो जायगा। उसके भार की कमी समाकार पानी के भार के बराबर होगी।

मान लीजिये कि १० घ० श० मी० का पीतल का टुकड़ा पानी में रखा गया तो उसके भार में कमी होगी १० घ० श० मी० पानी के भार अथवा १० ग्राम के बराबर (क्यों १ घ० श० मी० पानी का भार १ ग्राम है) स्पष्ट है कि उसके भार की कमी के मालूम करके उमका आयतन भी निकाला जा सकता है।

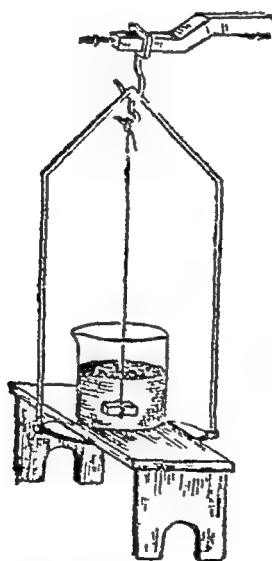
उपर्युक्त उदाहरण मे यदि भार मे, न्यूनता १० ग्राम की हुई तो उस पीतल के टुकड़े का आयतन हुआ १० घ० श० मी० ।

वेडौल टुकड़े के सम्बन्ध मे भी उपर्युक्त तर्क लागू है क्योंकि दबाव केवल ऊँचाई पर निर्भर है न कि क्षेत्र फल पर ।

अर्क मीदिस का सिद्धान्त

जब कभी कोई वस्तु किसी द्रव मे डुवो दी जाती है तो उसका भार कम हो जाता है । यह भार की न्यूनता सम आयतन वाले द्रव के भार के बराबर होती है ।

यह आयतन निकालने की सरल विधि है । पहले वस्तु को साधारण रीति से तौल लो । तदनन्तर उसके तुला के पलड़े से ऐसे बाँधकर एक



चित्र ६

पानी भरे घट मे लटका दो कि वह पानी के मध्य मे तुला दण्ड उठाने पर रहे । इस स्थिति मे फिर तौल लो । दोनों तौलों का अन्तर उस वस्तु का आयतन होगा ।

$$\begin{aligned}
 \text{वस्तु का वायु में भार} &= \text{अ}_1 \text{ ग्राम} \\
 \text{,, पानी में ,,} &= \text{अ}_2 \text{ ,,} \\
 \text{,, आयतन} &= \text{अ}_1 - \text{अ}_2 \\
 \therefore \text{,, घनत्व} &= \frac{\text{अ}_1}{\text{अ}_2 - \text{अ}_1}
 \end{aligned}$$

आपेक्षिक घनत्व

(Relative Density or Specific Gravity)

हमने ऊपर माना है कि १ घ० श० मी० पानी का भार १ ग्राम है। परन्तु ऐसा तभी होता है जब पानी का तापक्रम ०° श हो। ऊपर का प्रयोग सदा ०° श पर नहीं किया जा सकता है। अतएव इस प्रकार जो मान आवे उसे प्रयोग के तापक्रम पर उस पदार्थ का आपेक्षिक घनत्व कह सकते हैं। इसका अर्थ यह होगा कि जिस तापक्रम पर प्रयोग किया गया है, उस तापक्रम पर समान आयतन वाले उस पदार्थ और पानी के भारों में क्या निष्पत्ति है।

अतः स्मरण रहे कि आपेक्षिक घनत्व एक निष्पत्ति है और घनत्व एक घन श० मी० का भार है। तापक्रम बढ़ने से पानी का घनत्व कम होता जाता है :—

$$\begin{aligned}
 4^\circ \text{ श पर पानी का घनत्व} &= 1.000 \text{ ग्राम प्रति घ० श० मी०} \\
 15^\circ \text{ ,, ,,} &= 0.999 \text{ ,, ,,} \\
 25^\circ \text{ ,, ,,} &= 0.997 \text{ ,, ,,}
 \end{aligned}$$

अतएव साधारणतया कह सकते हैं कि घनत्व और आपेक्षिक घनत्व की द्योतक संख्याएँ प्रायः एक ही होती हैं।

द्रवों का घनत्व

(Density of a liquid)

एक ही वस्तु को वायु में तौलने के पश्चात् हम क्रम से किसी द्रव में और तदनन्तर पानी में डुबा कर तोल सकते हैं। जो भार में

न्यूनता आयगी वह समान आयतन वाले द्रव तथा जल के भारों के समान होगी ।

किसी वस्तु का वायु में भार = अ_1 ग्राम

उसी ,, ,, स्प्रिट ,, ,, = अ_2 ,,

,, ,, पानी ,, ,, = अ_3

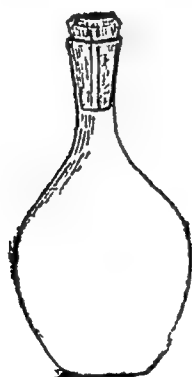
∴ स्प्रिट में भार की न्यूनता = $\text{अ}_1 - \text{अ}_2$

और पानी ,, ,, = $\text{अ}_1 - \text{अ}_3$ ।

इसलिए उक्त वस्तु के आयतन के बराबर पानी और स्प्रिट ली जाय तो उनका भार होगा $\text{अ}_1 - \text{अ}_3$ और $\text{अ}_1 - \text{अ}_2$ ग्राम

$$\therefore \text{स्प्रिट का आ० घ०} = \frac{\text{अ}_1 - \text{अ}_2}{\text{अ}_1 - \text{अ}_3}$$

घनत्व शीशी (Density bottle)—यह एक छोटी सी शीशी होती है जिसमें प्रायः २० या २५ घ० श० मी० द्रव अमा सकता है ।



चित्र १०

इसमें एक ठोस डाट लगी रहती है जो घिस कर उसमें ठीक बैठाली जाती है । डाट के बीचो बीच में एक छेद भी रहता है । इस प्रकार प्रयोग करो :—

खाली शीशी का भार = अ_1 ग्राम

पानी से भरी ,, ,, = अ_2 ,,

द्रव ,, ,, ,, = अ_3 ,,

.. समान आयतन वाले पानी और द्रव का भार हुआ ($\text{अ}_3 - \text{अ}_1$)
और ($\text{अ}_2 - \text{अ}_1$)

$$\therefore \text{द्रव का आ० घ०} = \frac{\text{अ}_3 - \text{अ}_1}{\text{अ}_2 - \text{अ}_1}$$

पहली बार शीशी साफ और सूखी हो, प्रत्येक द्रव से भरने के पहले द्रव से शीशी को खँगाल लेना चाहिये। द्रव भरते समय पहले ऊपर तक शीशी को द्रव से भर लो तदनन्तर डाट का निचला सिरा द्रव में डुबो कर शीशी में भरे द्रव के साथ सटाकर धीरे से छोड़ दो। डाट अपने स्थान पर बैठ जायगी और द्रव कुछ बगल में होकर और कुछ डाट के छिद्र से निकल जायगा। तदनन्तर शीशी को ऊपर से धोकर साफ करके, सुखा कर तौलना चाहिये।

घनत्वमापक

(Hydrometer)

यह एक वेलनाकार मध्य भाग वाला यंत्र होता है। मध्य भाग के ऊपर तथा नीचे दो पलड़े से लगे रहते हैं। ऊपर का भाग विम्बाकार, निचला स्तूपाकार रहता है। स्तूप में कोई भारी वस्तु इसलिए भर देते हैं कि यंत्र पानी में तैराने पर सीधा रहे। ऊपर के भाग की डंडी पर एक निशान लगा रहता है :—

प्रयोग नीचे की सारिणी के अनुसार किया जाता है —

यंत्र को पानी में निशान तक डुबोने के लिए जो बॉट ऊपर रखे जाते हैं = अ_1 ग्राम। अब जिस पदार्थ का घनत्व निकालना हो उसका

एक छोटा सा टुकड़ा ऊपर के पलड़े में रखकर, जितने बॉट उसे फिर निशान तक पानी में डुबोने के लिए ऊपर रखे जायें = $\text{अ}_३$ ग्राम।



चित्र ११

∴ पदार्थ के टुकड़े का भार = $\text{अ}_१ - \text{अ}_२$ ग्राम।

अब उस टुकड़े को नीचे के पलड़े में रख कर फिर ऊपर के पलड़े में बाट रखो कि यत्र डंडी के ऊपर बने निशान तक डूब जावे। इन बाटों का वजन = $\text{अ}_३$ ग्राम

∴ पानी में डूबने पर टुकड़े के भार की न्यूनता = $\text{अ}_३ - \text{अ}_२$ ग्राम

$$\therefore \text{आ० घ०} = \frac{\text{अ}_१ - \text{अ}_२}{\text{अ}_३ - \text{अ}_२}$$

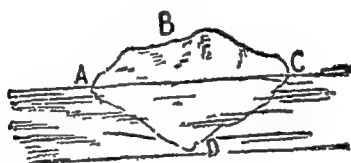
चौथा अध्याय

तैरते या उतराते पिण्ड

(Floating Bodies)

एक पीतल की हल्की सी कटोरी लो । उसे एक तुला से लटका कर तौल लो । तदनन्तर एक बर्तन में पानी भर उसे इस प्रकार उठाओ कि कटोरी पानी पर तैरने लगे । देखोगे कि बटखरों वाला पलड़ा एकदम नीचा हो जाता है और जब तक कुल बाट नहीं निकाल लोगे फिर डडी सीधी न होगी । इस तैरती अवस्था में कटोरी का भार कुछ नहीं अथवा शून्य है ।

उतराते हुए पिण्ड का भार शून्य होता है ।



चित्र १२

अब एक चौड़े मुँह का नपना घट लेकर उसमें कटोरी उतरा दो । देखोगे कि कटोरी का कुछ हिस्सा पानी के अन्दर है और कुछ बाहर । यदि कटोरी का भार १० ग्राम है तो नपने पर दृष्टि डालने से पता चलेगा कि कटोरी उतराने पर १० घ० श० मी० पानी चढ़ जाता है और उसके हटा लेने पर १० घन श० मी० पानी उतर जाता है । अतएव उतराता हुआ पिण्ड अपने भार के समान भार वाले पानी को हटाता है ।

मानलो कि एक लकड़ी का टुकड़ा १०० ग्राम का है। उसका आयतन १५० घन श० मी० है। जब वह पानी में छोड़ा जायगा तो १०० श० मी० पानी हटायेगा। अर्थात् उसका १०० घ० श० मी० भाग पानी में डूबा रहेगा और ५० घ० श० मी० ऊपर रहेगा। यदि इस टुकड़े पर २५ ग्राम का बोझ रख दिया जाय तो २५ घ० श० मी० और नीचे चला जायगा। यदि २५ ग्राम का और कोई बोझ उस पर लाद दिया जाय तो वह ठीक सतह के पास या नीचे तैरेगा। वस्तुतः यदि दोनो पिण्ड उससे बाँध दिये जायें तो पानी में किसी भी गहराई पर वह तैराया जा सकता है।

बरफ का घनत्व

(Density of ice)

एक बीकर में कुछ स्पिरिट लो। उसका घनत्व निकाल लो। तदनन्तर उसमें एक बरफ का टुकड़ा छोड़ दो। और हिलाते जाओ। बरफ बीकर के पेंदे पर जा टिकेगी। जैसे जैसे बरफ गल कर पानी बनेगा और स्पिरिट में मिलेगा उसका घनत्व बढ़ने लगेगा। जब उसका घनत्व बरफ के बराबर हो जायगा तो बरफ उसमें या तो ठीक तल के नीचे या कहीं भी किसी गहराई पर भी तैरने लगेगी। जब यह दशा आ जाय तो बरफ निकाल कर फेंक दो और मिश्रण का घनत्व निकाल लो। यही घनत्व बरफ का भी होगा।

बरफ के बहते पहाड़

(Iceberg)

ध्रुव प्रदेश के पास बरफ के बड़े बड़े पर्वताकार पिण्ड बहने हुए समुद्र में इधर उधर फिरते हैं। बरफ का घनत्व ६१७ ग्राम प्रति घ० श० मी० होता है। समुद्र के जल का घनत्व १०२७ के लगभग होता है। अतएव स्पष्ट है कि उसका प्रायः ६/१० भाग पानी के नीचे रहेगा और

१/१० भाग ऊपर। अतएव दूर से जो पिण्ड छोटा प्रतीत होगा वह इतना बड़ा हो सकता है कि जहाज से टकरा कर उसे तोड़ दे।

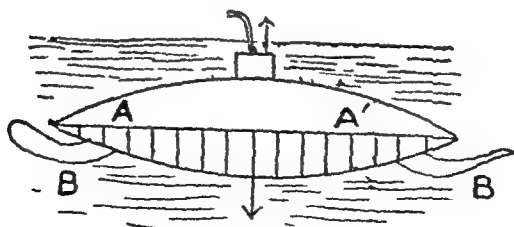
जब तुम त्रिवेणी स्नान करने जाओ तो स्वयं किनारे पर खड़े होकर नाव पर रंगीन खड़िया से कई निशान लगा दो। पहिला निशान पानी के तल पर हो और बराबर दूरी पर ऊपर की ओर निशान लगाते जाओ। अब अपने साथियों को एक एक करके नाव पर धीरे से चढ़ने को कहो। देखोगे कि क्रमशः नाव पानी में डूबने लगेगी। जब नाव और उसमें रखे हुए सामान और बैठी हुई सवारियों का बोझ नाव के बराबर आयतन वाले पानी के भार के बराबर होगा तब वह डूबने वाली होगी।

जहाज पर भी ऐसी लकीरे बना दी जाती हैं। सागरों के पानी के घनत्व तथा तापक्रम पर विचार करके यह बतलाया जाता है कि ऐसे तापक्रम पर ऐसे पानी में इस रेखा तक या उसके नीचे पानी रहना चाहिये। यही उसमें लादे जाने बोझ की सीमा है।

पनडुब्बी नाव

(Submarines) :-

A तथा A' बैलेस्ट टैंक है। इनमें जब चाहें पानी भर सकते हैं। इन कुण्डों का आकार ऐसा होता है कि जब इनमें पानी भर दिया जाता है



चित्र १३

तो पनडुब्बी नाव का घनत्व पानी से थोड़ा सा अधिक हो जाता है। अतएव जब पनडुब्बी को डुबोना होता है वेल्व खोल कर कुण्डों में पानी भर जाने देते हैं। नाव एक दो मिनट में ही डूबने लगती है। B, B,

धरातल के समानान्तर पतवार लगी रहती हैं जिनसे डूबने की गति का निरोध किया जाता है। और जिस गहराई पर चाहे ठहर सकते हैं। जब नाव को ऊपर आना होता है तो पानी पम्पों द्वारा निकाल दिया जाता है।

वैलून (Balloon)

वैलून में उसकी बैठक थैले आदि का भार तो w_1 उसे नीचे की तरफ खींचता है, इसी प्रकार जो उसके थैले में भरी हुई गैस है उसका वजन w_2 भी उसे नीचे की ओर खींचता है। परन्तु जितनी वायु को वह हटाता है, उस वायु के भार w_3 के समान शक्ति उसे उछालती है, अतएव स्थिरता के लिए—

$$w_1 + w_2 = w_3$$

जब वैलून को उठाना अभीष्ट होता है तो वेलेस्ट (रेत) को क्रमशः निकाल कर फेकते हैं। इस प्रकार w_1 कम हो जाता है और वैलून उठने लगता है, यहाँ तक कि वायु मण्डल के उस भाग में पहुँच जाता है जहाँ घनत्व कम होने से w_3 कम होकर फिर से $w_1 + w_2$ के बराबर हो जाता है। जब उसको उतारना होता है तो गैस को निकाल देते हैं, जिससे आयतन, अतएव हटाई हुई वायु का आयतन भी, कम हो जाता है और उछाल घट जाती है। इसीलिए वैलून पृथ्वी की ओर अग्रसर होता है। मानलो एक वैलून है जिसमें १६००० घनफुट कोल गैस भरी हुई है। इस गैस का भार = $१६००० \times ०.०३५ = ५६०$ पाँड हुआ। यदि उसमें थैले और बैठक का भार २५० पाँड हो तो उसे नीचे की ओर खींचने वाली शक्ति होगी ८१० पाँड। १६००० घनफुट हवा का भार = $०.०८०० \times १६००० = १२८१$ पाँड। अतएव इस वैलून पर $१२८१ - ८१०$ यथवा ४६१ पाँड का भार लादा जा सकता है। यदि कोल गैस के स्थान पर हीलियम गैस भरे तो और अधिक और उच्च गैस भरने में तब से अधिक भार वहन शक्ति होगी।

पाँचवाँ अध्याय

वायु का दबाव

(Atmospheric Pressure)

एक कॉच की नली लो । उसका एक सिरा पानी में डुबो दो । दूसरा सिरा पर मुँह लगा कर ऊपर की हवा खींचो, पानी नली में चढ़ेगा । प्राचीन काल में इसकी व्याख्या यह कह कर की जाती थी कि प्रकृति शून्य से घृणा करती है, अतएव जब हवा खींच ली जाती है, तो पानी उसके स्थान पर चढ़ जाता है ।

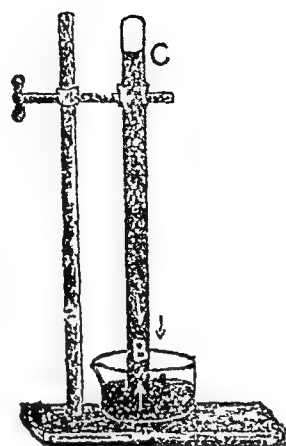


चित्र १४

गैलिलियो ने पम्प लगा कर इस विधि से पानी चढ़ाने का प्रयत्न किया, परन्तु पानी ३२ फीट से अधिक न चढ़ा । कई बार उसने पम्प की मरम्मत कराई परन्तु ३२ फीट से अधिक पानी न चढ़ा ।

इधर गैलिलियो के एक शिष्य ने एक गज भर की नली ली, जिसका एक सिरा गरम करके बन्द कर दिया था । उसमें पारा भर कर उसका मुँह

पारे भरे प्याले में डुबो कर उसको सीधा खड़ा कर दिया। पारा उतर कर ३० इंच पर ठहर गया। स्पष्ट है कि पारे के ऊपर शून्य स्थान है। अतएव पारा केवल ३० इंच तक और पानी ३२ फुट तक चढ़ सकता है। इसके बाद शून्य में आकर्षण शक्ति नहीं रहती। शून्य के प्रति प्रकृति की धृणा एक हद तक काम करती है, वह भी भिन्न पदार्थों के साथ भिन्न परिमाण में।



टोरिसेली ने यह तर्क किया कि पारे का चित्र १५ स्तम्भ उस दबाव के कारण ठहरा रहता है जो प्याले के पारे के ऊपर पड़ता है। यदि उसका यह मत ठीक था तो पानी से भर कर उपर्युक्त प्रयोग किया जाय तो पानी की ऊँचाई पारे से १३ ६ गुनी अधिक होनी चाहिये। प्रयोग करके देखा गया तो ऐसा ही पाया गया। इस प्रयोग से गैलिलियो के पम्प का रहस्य भी खुल गया। पम्प केवल हवा को खींच कर बाहर कर देता था, अतएव वायु के दबाव से पानी ऊपर चढ़ जाता था।

क्या वायु पदार्थ का रूपान्तर है ?

(Is air a form of matter ?)

पदार्थ या द्रव्य क्या है ? इस प्रश्न का ठीक ठीक उत्तर देना तो कठिन है, परन्तु साधारणतः यह कह सकते हैं कि जो जगह घेरता हो, जिसमें भार हो और जो शक्ति का वाहन कर सकता हो वह पदार्थ है।

क्या वायु जगह घेरती है ?

प्रयोग—एक कॉच का गिलास लेकर उसे औधा कर दीजिये और इसी तरह उसे किसी पानी भरे बर्तन में डुबोइये। देखियेगा कि गिलास

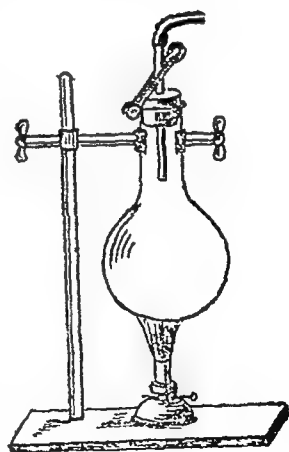
मे पानी नहीं जाता। क्यों? अब जरा उसको टेढ़ा कीजिये। कुछ हवा उसमें से निकल जायगी और पानी क्रमशः भरता जायगा। इस प्रयोग से सिद्ध हुआ कि हवा के रहने के लिए स्थान चाहिये।

गिलास को पानी में डुबो कर पानी भर लीजिये और उसको किसी बर्तन में औधा खड़ा कर दीजिये। अब एक काँच की लम्बी नली लेकर उसका एक सिरा गिलास के नीचे रखिये और दूसरे सिरे से हवा फूँकिये। जैसे जैसे हवा गिलास में भरेगी, पानी निकलता जायगा।

क्या हवा में वजन होता है?

(Does air possess weight?)

प्रयोग— एक कुप्पी लेकर उसका मुँह काग से बन्द कर दो। इस काग के बीचो बीच छेद करके उसमें एक बिस्ते भर की काँच की नली लगा दो। कुप्पी में लगभग $\frac{1}{2}$ पानी भर दो। काग से उसका मुँह बन्द कर तिपाई पर जाली लगा कर उस पर रखो और गरम करो। साथ ही एक रबड़ ट्यूब का टुकड़ा काँच की ट्यूब के ऊपर के सिरे पर लगा दो। जब पानी खौलने लगे, बरनर को हटाकर, रबड़ ट्यूब को क्लिप से कस दो। जब फ्लास्क ठंडी हो जाय उसको तौल लो। तदनन्तर क्लिप ढीला करो। देखोगे कि वायु शब्द करती हुई फ्लास्क में प्रवेश करती है। बात यह है कि जब पानी खौल रहा था तो जल वाष्प ने सब वायु निकाल दी थी। ठंडा होने पर जल वाष्प भी जम गई और कुप्पी में खाली जगह रह गई, उसी शून्य स्थान को भरने के लिए हवा प्रवेश करती है। अब कुप्पी को दुबारा तौलो। जो भार में अधिकता जान पड़े वही उस हवा



चित्र १६

का भार है जो कुम्पी में भर गई। अब उस कुम्पी में नपने से पानी भर कर जान लो कि कितनी हवा उसमें है। हवा का आयतन और भार दोनों मालूम हुए। इसलिए घनत्व भी ज्ञात होगा। परीक्षा से मालूम हुआ है कि १ घन श० मी० वायु का भार ००१२६३ ग्राम होता है।

यदि हवा में भार होता है तो उसका दबाव भी पड़ना चाहिये। वस्तुतः हमको हवा चारों ओर से दबा रही है। बाहर से ही नहीं बल्कि भीतर से भी, इसीलिए हमको कुछ पता नहीं चलता। यदि कहीं किसी शरीर के भाग से वायु का दबाव कम कर दिया जाय तो अनेक उपद्रव खड़े हो सकते हैं।

सिंगीवाले सीध के चौड़े भाग को किसी अंग पर रख कर उसके ऊपर के छेद से वायु को खींच लेते हैं, तो त्वक् रंध्रों में से रुधिर निकलने लगता है। इसी प्रकार यदि कोई मनुष्य बैलून आदि में उड़ कर बहुत ऊँचाई पर चला जाय तो पहले बेचैनी मालूम होगी, फिर फोफड़ों में फटन सी मालूम होगी और अन्त में शरीर की शिराएँ और धमनियाँ फट जायेंगी और खून शरीर से बहने लगेगा। समुद्र की गहराई में रहने वाली मछलियाँ भी जब ऊपर के भाग में आ जाती हैं तो उनके शरीर भी फट जाते हैं। पहाड़ों पर चढ़ने वाले जब बहुत ऊँचाई पर पहुँच जाते हैं तो उनकी भी बड़ी दुर्दशा हो जाती है।

वायु का दबाव

(Atmospheric Pressure)

टोरिसेली ने यह भी तर्क किया कि यदि भारमापक में पारद स्तम्भ की ऊँचाई वायु के दबाव पर निर्भर है तो पहाड़ों पर चढ़ने पर उसकी ऊँचाई कम हो जानी चाहिये और गहरी खदानों में पहुँचने पर बढ़ जानी चाहिये। पेरिस के पास ही उन्होंने यह दोनों बातें प्रयोगों द्वारा सिद्ध कर दिखाई।

वायु का दबाव = पारद के ७६ श० मी० स्तम्भ के दबाव के ।

$$= 76 \times 1 \times 13.6 \times 9.8$$

$$= 101125.44 \text{ डैन प्रति वर्ग श० मी०}$$

इसका यो अन्दाज लग सकता है कि प्रत्येक वर्ग इंच पर लगभग ७ सेर का दबाव पड़ता है । अनुमान कीजिये कि आपके शरीर पर कितना दबाव पड़ रहा है ?

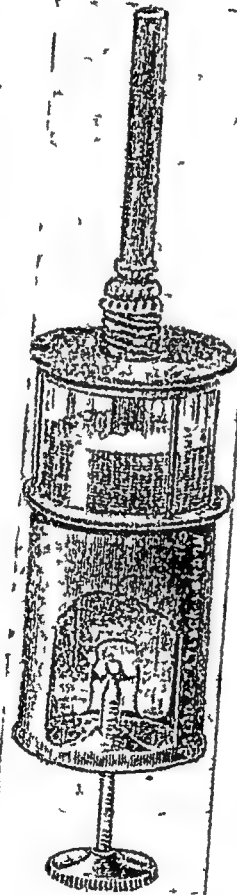
वायु-भारमापक

(Barometel)

एक साधारण भारमापक ३६ इंच लम्बी नली में पारा भर कर, उसका मुँह अँगूठे से बन्द कर और पारे में डुबो कर अँगूठा हटा लेने से और नली को सीधा खड़ा कर देने से बन जाता है । परन्तु वायु का दबाव निरन्तर एक सा नहीं रहता । अतएव पारद का स्तम्भ भी ऊँचा नीचा होता रहता है । जब दबाव बढ़ता है, स्तम्भ अधिक ऊँचा हो जाता है और प्याले में से कुछ पारा नली में घुस कर प्याले में पारद तल को नीचा कर देता है । नली में पारद तल ऊँचा हुआ और प्याले में नीचा अतएव उसकी ऊँचाई नापने के लिए माप-दण्ड (स्केल) पर दो जगह अंक पढ़ने पड़ेंगे । यदि एक ही जगह अंक पढ़ना पड़े तो अधिक सुभीता होगा । दूसरे प्याले में पारा हवा में खुला रहने से खराब हो जाता है । तीसरे ऊँचाई भी बहुत बारीकी से नहीं नापी जा सकती । इन सब त्रुटियों को पूरा करने के लिए भारमापक ऐसा बनाते हैं जैसा चित्र में दिखाया है ।

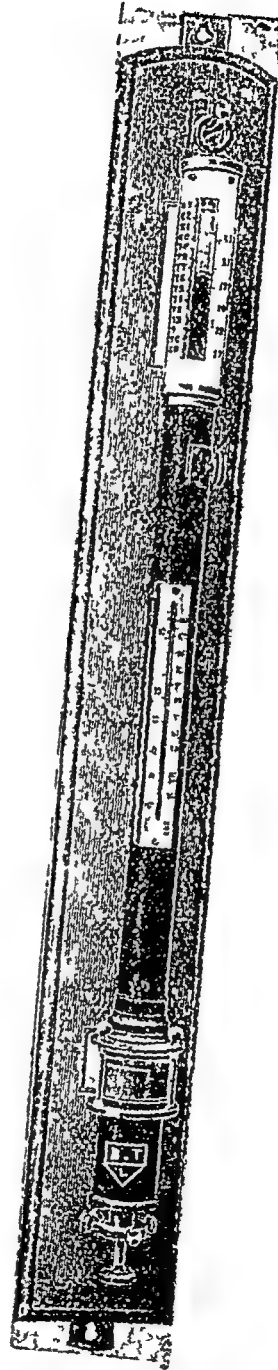
निचला भाग लोहे का बना होता है, जिसमें एक चमड़े का थैला लगा रहता है । पारा इसी थैले में रहता है । थैले को उठाने या नीचा करने को एक पेच लगा रहता है । पारे के ऊपर हाथी दाँत का एक सूचक लगा रहता है । जब कभी हम पारद स्तम्भ की ऊँचाई नापना चाहते हैं पहले पेच को घुमा कर पारे को सूचक के सिरे तक चढ़ा देते हैं ।

इस सिरे को • मान कर लम्बाई नापने के लिए अक बाहरी लोहे के खोल पर बना दिये जाते हैं। भार मापक की नली इस खोल के भीतर सुरक्षित रहती है। पारा देखने के लिए ७० सेंटीमीटर की ऊँचाई पर खोल में खिड़की बना कर काँच से ढक देते हैं। निचले लोहे के भाग में भी इसी प्रकार की खिड़की बनी रहती है। इन खिड़कियों के पीछे लकड़ी के तख्ते पर चीनी की टैल लगा देते हैं, जिसमें श्वेत पटल पर काला पारद साफ़ दिखाई पड़े। ऊपर की खिड़की पर एक वर्नियर भी एक पेच की सहायता से स्केल पर चढाता उतरता है। इस वर्नियर की सहायता से पारद की ऊँचाई २^१/_{१०} स० मी० तक ठीक ठीक नापी



Cistern of Fortin's Barometer

चित्र १७



चित्र १८

जा सकती है। तापक्रम पढ़ने के लिए भी एक तापमापक भी बाहरी खोल पर जड़ा रहता है।

बैरोमीटर की गति और मौसम

(Barometer movements and weather)

मौसम कैसा रहेगा, इस सम्बन्ध की भविष्य-वाणी वायु के दबाव, तापक्रम, वायु की दिशा आदि को देख कर प्रायः की जाती है। जब वायु-मण्डल में जल वाष्प की मात्रा बढ़ जाती है तो वायु हलकी हो जाती है। अतएव वायु का दबाव भी घट जाता है। इसी कारण बैरोमीटर की ऊँचाई कम हो जाती है। स्पष्ट है कि जब बैरोमीटर का पारद स्तम्भ नीचा होगा, तो वह वायु में जल वाष्प का आधिक्य बतलावेगी, जिसके कारण वर्षा होना सम्भव हो जाता है।

इसी प्रकार जब किसी भू-भाग की वायु गरमी अधिक होने के कारण उत्तप्त हो जाती है, तो हलकी होकर ऊपर को चढ़ने लगती है और आस-पास के भू-भागों की ठण्डी हवा उसका स्थान लेने को वेग से आती है। उस भू-भाग की हवा हल्की हो जाने से वायु का दबाव कम और पारद स्तम्भ नीचा हो जाता है।

अतएव (१) जब पारद स्तम्भ नीचे गिरने लगता है तो आंधी अथवा वर्षा के आने की सूचना मिलती है।

(२) जब पारद स्तम्भ ऊँचा चढ़ता है तो अच्छा मौसम होने वाला होता है।

(३) जब पारद स्तम्भ स्थिर रहता है तो मौसम में कोई अन्तर की संभावना नहीं होती।

वायु-मण्डल की जो उथल-पुथल बहुत ऊँचाई पर प्रारम्भ होती है उसकी भी सूचना हमें इस यंत्र से सहज ही मिल जाती है।

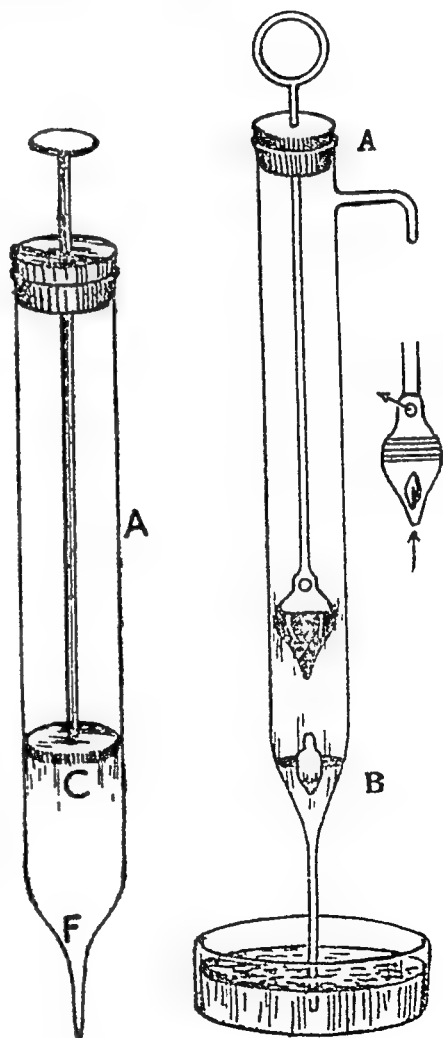
बैरोमीटर (वायुभारमापक) से किसी स्थान की ऊँचाई का अनुमान । यदि वायुयान में बैरोमीटर लेकर उड़ा जाय या पहाड़ पर चढ़ा जाय तो प्रत्येक ६०० फुट की ऊँचाई पर पारद स्तम्भ १ इंच नीचा उतर जायगा । अतएव साधारणतया किसी स्थान की समुद्र तल से ऊँचाई सहज ही ज्ञात हो सकती है ।

साधारण पिचकारी (Syringe)

पिचकारी का निचला भाग पानी में डुबोकर डाट को ऊपर खींचते हैं, जिस कारण डाट के नीचे अंशतः शून्य स्थान पैदा हो जाता है । इसी शून्य में हवा के बाहरी दबाव से पानी पिचकारी में चढ़ जाता है । डाट के नीचे सरकाने पर पानी छिद्र द्वारा निकल जाता है । डाट चाहे सूत की हो चाहे चमड़े के उलटे प्याले के रूप की—वह होनी ऐसी चाहिये कि पिचकारी की दीवारों से सटी हुई इधर उधर गति करे ।

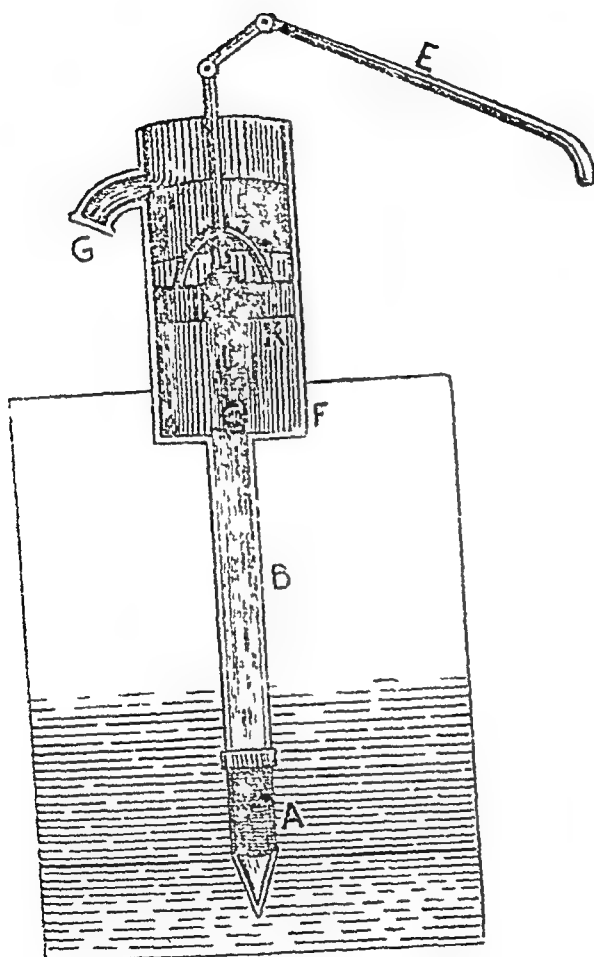
साधारण पम्प (Lift pump)

A B एक नली है जिसमें एक पिस्टन (डब्बा) चलती है । A B के निचले भाग में एक छोटी पैप लगी है जिसका निचला भाग उस पानी के कुण्ड आदि में डूबा रहता है जिसमें से पानी चढ़ाना होता है । पम्प में दो दिवरी लगी रहती हैं एक B नली के मुँह पर, दूसरी पिस्टन के बीच के



चित्र १६

चित्र २०



चित्र २१

छिद्र के ऊपर।
दोनों दिवरियाँ
ऊपर को खुलती
हैं। मानलो कि
पिस्टन या डाट
बिलकुल नीचे के
स्थान पर है।
अब डाट को
उठाया जाय तो
डाट के नीचे
शून्य स्थान होगा,
अतएव हवा के
दबाव के कारण
(जो कुण्ड के
तल पर पड़ रहा
है) पानी B की
दिवरी को उठा
कर ऊपर उठने
लगेगा। जब डाट
को दुबारा नीचे
उतारेगे तो डाट

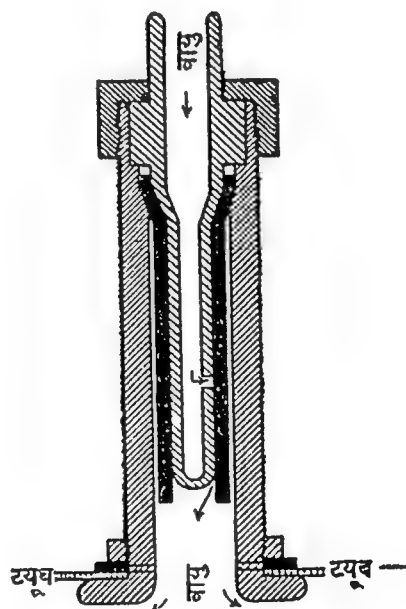
के दबाव से पानी नीचे की दिवरी को बन्द कर देगा। परन्तु वही
दबाव पानी के द्वारा ऊपर की दिवरी खुलवा देगा। अतएव पानी डाट
के ऊपर चला जायगा। जब दूसरी बार डाट ऊपर को उठाई जायगी
तो ऊपर की दिवरी बन्द हो कर पानी को उठा कर पनाले तक पहुँचा
देगी और नया पानी डाट के नीचे भर आयेगा। इस प्रकार पानी कुण्ड

मे से ऊपर चढ़ जायगा। स्पष्ट है कि पानी इस प्रकार ३२ फुट से अधिक न जा सकेगा। अतएव ऐसा पम्प पानी से ३२ फुट से अधिक ऊँचाई पर नहीं रखा जाता।

फुटबाल पम्प (Football pump) इसकी दोनों ढिबरियाँ नीचे को खुलती हैं। जब पिस्टन को ऊपर को उठाते हैं निचली ढिबरी बन्द रहती है और ऊपर की ढिबरी खुल जाती है और उसमें से हवा पम्प में भर जाती है। जब पिस्टन को नीचे की तरफ चलाते हैं, अन्दर की हवा के दबाव से ऊपरी ढिबरी बन्द हो जाती है और निचली खुल जाती है। इस प्रकार हवा फुटबाल में भरी जा सकती है।



चित्र २२



चित्र २३

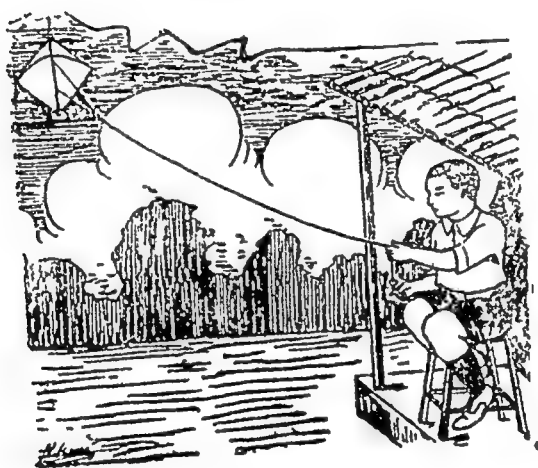
ऊपर की ढिबरी के स्थान पर चमड़े की उल्टे प्याले के शकल की डाट भी काम में ला सकते हैं। जब यह डाट ऊपर को जाती है तो हवा अगल बगल से अन्दर चली जाती है। जब डाट नीचे की तरफ जाती है तो अन्दर के वायु के दबाव से वह दीवारों से सट जाती है

मानों ढिबरी बन्द हो गई। सैकिल पम्प में नीचे की ढिबरी नहीं रहती। वह सैकिल की ट्यूब में लगी रहती है। ट्यूब में हवा एक पतली धातु की नली में से जाती है जिसका परला सिरा बन्द रहता है परन्तु जिसके पार्श्व में एक छिद्र वायु निकलने के लिए लगा रहता है। इस नली पर एक रबड़ ट्यूब चढ़ी रहती है। वायु बाहर से जब छिद्र में होकर आती है तो ट्यूब को उठा कर निकल जाती है, परन्तु अन्दर की वायु के दबाव के कारण वह छिद्र पर सट कर बैठ जाती है।

छठवाँ अध्याय

शक्तियों का योगफल

दो और दो चार होते हैं । परन्तु दो ग्राम भार और दो ग्राम भार की शक्तियों का योग फल सदा ४ ग्राम भार नहीं होता । यदि शक्तियाँ एक ही रेखा में काम करती हैं और एक ही दिशा में तो उनका योगफल



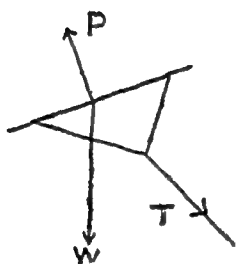
चित्र २४

४ ग्राम भार होगा । यदि उनकी दिशाएँ विपरीत होंगी तो उनका योगफल शून्य होगा । इसलिये शक्तियों का योगफल आगे दिये नियम से निकालते हैं । प्रत्येक शक्ति में तीन बातें पाई जाती हैं—

- (१) वह किसी विशेष बिन्दु (स्थान) पर लगी होती है ।
- (२) उसका निश्चित मान होता है ।
- (३) उसकी दिशा निश्चित होती है ।

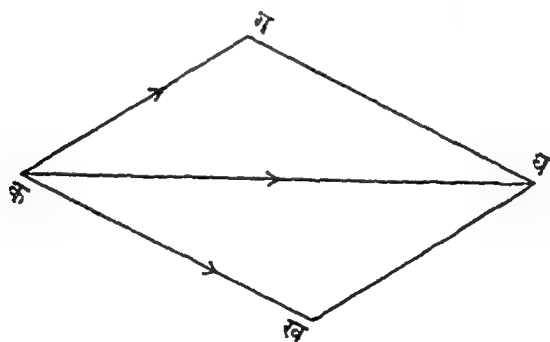
यह तीनों बातें सरल रेखा में भी पाई जाती हैं । अतएव किसी भी शक्ति को हम पूर्णतया एक रेखा से प्रदर्शित कर सकते हैं ।

यदि किसी बिन्दु पर काम करने वाली दो शक्तियों को दो सरल रेखाओं से मान तथा दिशा में प्रकट करे और उन दो रेखाओं से एक समानान्तर चतुर्भुज बना ले तो इस चतुर्भुज का जो कर्ण कि उक्त बिन्दु से खींचा जा सकता है, वह दिशा और मान में उक्त शक्तियों का सम्मिलित प्रभाव अथवा योगफल बतलायेगा। (देखो चित्र २७)



चित्र २५—पतंग (Kite) चित्र २६—Triangle of Forces

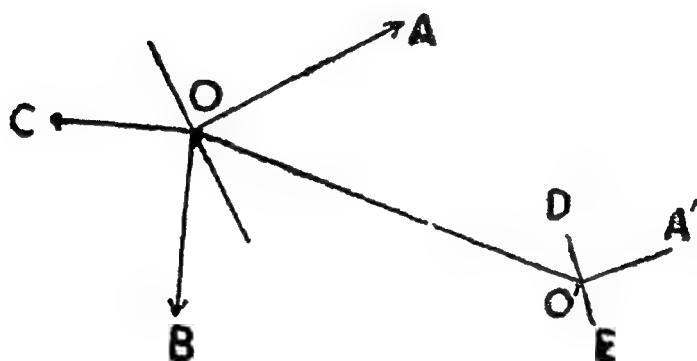
यह समानान्तर चतुर्भुज का नियम व्यापक रूप से उन सब मानों के जोड़ने में काम आता है जिनमें दिशा भी होती है जैसे, वेग और गत्यन्तर।



चित्र २७—क पर दो शक्तियाँ कख और कग लगी हैं इनका योगफल कघ के समान शक्ति होगी (Parallelogram of Forces)

यदि तीन शक्तियाँ एक बिन्दु पर लगी हों और उनमें से दो का

सम्मिलित प्रभाव तीसरी शक्ति के बराबर, पर विपरीत दिशा में हो तो तीनों शक्तियाँ मे साम्य होगा। इसका यह अर्थ हुआ कि तीसरी शक्ति कर्ण के बराबर पर उल्टी दिशा मे होगी। अतएव तीनों शक्तियों एक त्रिभुज की भुजों से चक्रीय क्रम से प्रदर्शित की जा सकती हैं। (देखो चित्र २६)



चित्र २८

पतंग (Kite) मे भी तीन शक्तियाँ काम करती हैं। एक शक्ति वायु का दबाव या दबाव का वह अश है जो पतंग के लम्ब रूप काम करता है। दूसरी शक्ति उसका भार है जो ठीक लम्बतः नीचे की ओर काम करता है, तीसरी शक्ति रस्सी का तनाव है। (देखो चित्र २५)

इन तीन शक्तियों का साम्य होगा तो पतङ्ग स्थिर रहेगी। यदि वायु का दबाव अधिक होगा तो पतंग ऊपर की ओर चढेगी। यदि यह दबाव कम हो जायगा तो पतङ्ग नीचे की ओर गिरेगी।

पतंग उड़ाना जब आरम्भ करते हैं तो या तो दौड़ कर पतंग में हवा भर कर हवा का दबाव उस पर बढा देते हैं या पतंग किसी से छुड़वा कर, खींच कर ठुमकी देकर, दबाव बढाते हैं। एक बार बढ जाने पर तो वह ऊपर उस मण्डल मे पहुँच जाती है जहाँ सदैव हवा थोड़ी बहुत चलती ही रहती है।

वायुयान—मे भी ३ शक्तियाँ काम करती हैं। O A मुख्य पद् (Main wing) पर वायु का दबाव है, O B यान का भार है और

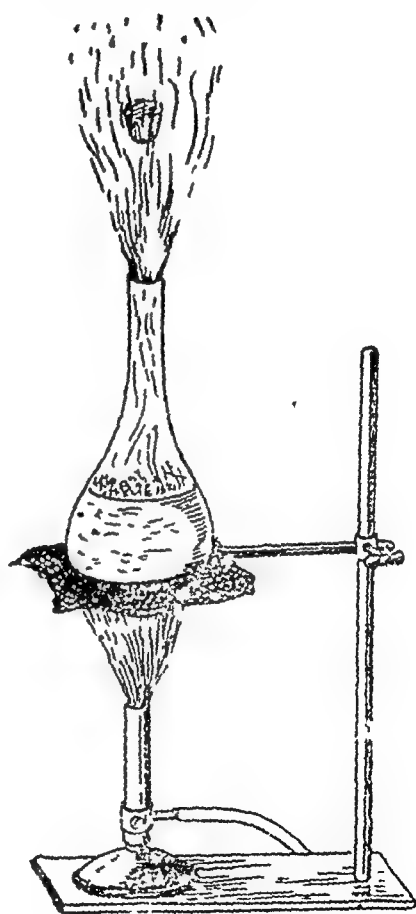
O C प्रपेलक (Propeller) का धक्का है। साधारणतः इन तीनों शक्तियों में साम्य रहता है। यह भी चक्रीय क्रम से शक्ति त्रिभुज (Triangle of forces) के तीन भुजों से प्रदर्शित की जा सकती है परन्तु दबाव के केन्द्र का स्थान वायुयान की गति पर निर्भर रहता है। अतएव यदि दबाव और भार एक स्थान पर न पड़े तो यान सीधा खड़ा होकर गिरने लगेगा। इस घटना के रोकने के लिए पुच्छ तल (Tail plane) D E का उपयोग होता है, जिस पर वायु का दबाव $O A'$ दिशा में पड़ता है और पक्ष का झुकाव नियत स्थान पर रखता है। जब $O A$ का ऊर्ध्व उपादान $O B$ के बराबर होगा, वायुयान उठना आरम्भ कर देगा।

सातवाँ अध्याय

भाप का दबाव तथा शक्ति

रसोई में किसी दिन जाकर यह देखा जा सकता है कि जिन बर्तनों में दाल चावल या भाजी बन रही है, उनके ढक्कन भाप की शक्ति से स्थिर नहीं रहते। बराबर नीचे ऊँचे गति करते रहते हैं। एक घन श० मी० जल जब भाप में परिणत हो जाता है तो उसका आयतन लगभग १७०० श० मी० हो जाता है। आयतन बढ़ने पर वह अधिक स्थान घेरने का प्रयत्न करने लगती है, क्योंकि पतीली के भीतर सीमित स्थान रहता है अतएव भाप ढक्कन पर दबाव डालकर उसे तनिक सा उठाकर बाहर निकल जाती है।

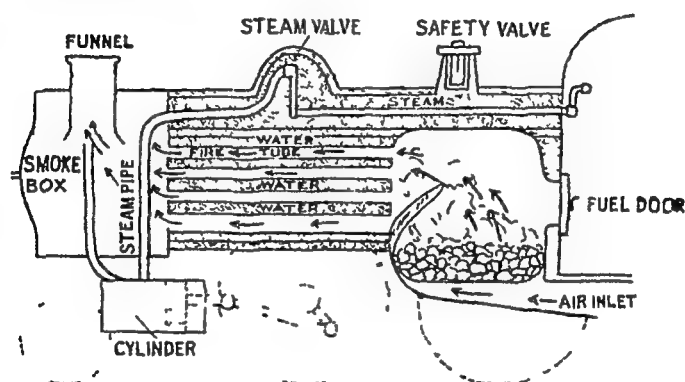
प्रयोग—एक फ्लास्क में लगभग आधा पानी भरकर उसका मुँह काग से बन्द कर दो; पर काग हलके से लगाना चाहिये, कसकर नहीं। अब यदि पानी गरम किया जाय तो भाप की शक्ति से काग फ्लास्क



चित्र २९

के मुँह में से निकल कर दूर जा गिरेगा। यदि काग कसकर लगा दिया जाय तो फ्लास्क के फट जाने का डर रहता है।

कभी कभी बड़े बौलट (Boilers) भी स्टीम (भाप) के दबाव के अत्यधिक बढ़ जाने से फट जाने हैं, इसलिए उनमें “ रक्षक ढिवरी ” (Safety valve) लगे रहते हैं, जो दबाव के निश्चित परिमाण से बढ़ जाने पर टूट कर भाप के निकल जाने का नया मार्ग बना देते हैं और इस प्रकार दबाव घट जाता है ।

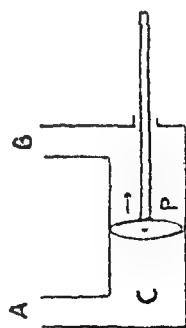


चित्र ३०

रेल के इजिन भी वाष्प बल से चलते हैं । यहाँ एक इजिन का चित्र दिया जाता है ।

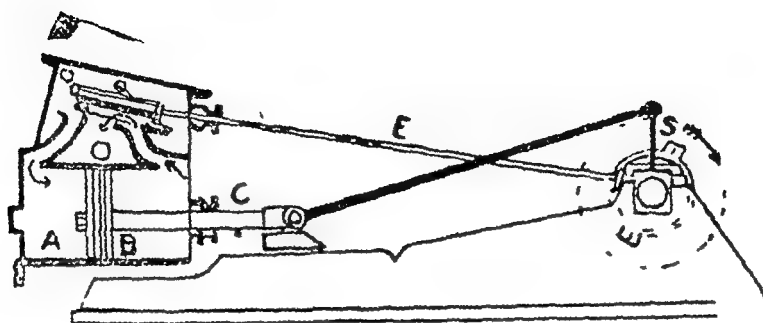
इस चित्र को ध्यान से देखकर—कोयले भोंकने का द्वार भट्टी की स्थिति, हवा जाने का मार्ग, पानी के गरम करने की विधि, भाप जाने की नली और वेलनाकार, वाष्प का कार्य क्षेत्र—इन चीजों का स्थान समझ लीजिये ।

सिलिन्डर के अन्दर पहुँचने के वाष्प को दो मार्ग मिलते हैं, जिनमें “ पिस्टन ” (Piston) की गति के कारण केवल एक प्रवेश करने और दूसरा निकलने के काम आता है । यदि एक



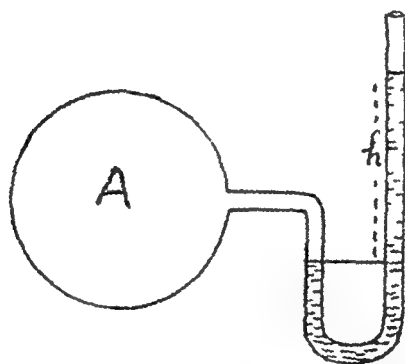
चित्र ३१

बार वाष्प बाईं ओर से प्रवेश करके पिस्टन को दाहिनी ओर को ढकेलती



चित्र ३२

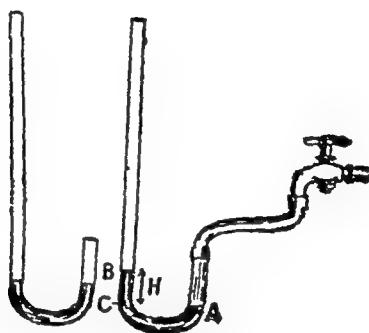
है तो पिस्टन के पीछे की वाष्प दूसरे मार्ग से बाहर निकलने वाले छिद्र O तक पहुँचती है। परन्तु जब पिस्टन सिलिन्डर के दाहिने छोर तक पहुँचती



चित्र ३३

है तो बायाँ मार्ग बन्द होकर (O) से सम्बद्ध हो जाता है और वाष्प दाहिनी ओर से आकर पिस्टन को बाईं तरफ धक्का देती है। इस प्रकार पिस्टन दाएँ बाएँ घूमती रहती है।

यदि एक नली अंग्रेजी अक्षर J के आकार की ली जाय और उसमें पारद छोड़ दिया जाय तो पारे का तल दोनों भुजों में बराबर मिलेगा ।



चित्र ३४

यदि छोटे भुज पर किसी प्रकार दबाव बढ़ा दिया जाय, जैसा कि उसको किसी खोलते पानी वाली फ्लास्क से सम्बद्ध करने से होगा तो पारा उस भुज में दबाव के कारण उतर जायगा और दूसरे भुज में चढ़ जायगा । दोनों भुजों के पारद तलका अन्तर देखकर दोनों ओर के दबावों का अन्तर ज्ञात हो सकता है ।

चित्र ३४ में इस नली का एक बम्बे से सम्बन्ध दिखाया है । चित्र ३३ यह बतलाया गया है कि A में भरे गैस का दबाव कैसे नापा जाता है । इस यंत्र को (Manometre) दबाव मापक कहते हैं ।

आठवाँ अध्याय

ताप उसकी उत्पत्ति तथा पदार्थों पर प्रभाव

गरमी और सरदी—इन दो बातों से मनुष्य मात्र परिचित हैं। गरमी के अभाव को ही सरदी कहते हैं अथवा यो कहिये कि सरदी भगाने को गरमी की तलाश होती है।

गरमी कहाँ से प्राप्त होता है (Sources of Heat) ?

(१) सूर्य—रात में सरदी से कष्ट उठाने के पीछे सूर्योदय कैसा प्रिय लगता है। गरमी के मौसम में दो पहर के समय कितनी तपन होती है। यह बातें सिद्ध करती हैं कि सूर्य ताप प्रदान करता है।

(२) चूल्हों में लकड़ी आदि जला कर हम खाना बनाते हैं और अंगी-ठियों में कोयला जला कर अनेक काम करते हैं—जैसे खाना बनाना, सरदी में तापना आदि। अतएव पदार्थों को जला कर हम गरमी पैदा कर लेते हैं। परन्तु सूर्य भगवान की कृपा के बिना वनस्पति का पनपना असम्भव है। वनस्पति के बिना लकड़ी, कोयला आदि का मिलना सम्भव नहीं। पत्थर का कोयला भी प्राचीन काल के गहन वनों के भूगर्भ में दब जाने से अनन्त काल में बन पाया है। अतएव सूर्य का ही ताप काले जवाहिरात के रूप में प्रकृति ने हमें प्रदान किया है जो अपने गोरे भाई बंधु (हीरों) से अधिक उपयोगी और दरिद्र नारायण का सेवक है। लकड़ी का जलना एक रासायनिक क्रिया है। अतएव हम कह सकते हैं कि रासायनिक क्रियाओं से हमें ताप प्राप्त होता है। कलई को पानी में बुझाने पर या गाढ़े गंधक के अम्ल को पानी में डालने पर बहुत ताप उत्पन्न होता है।

(३) जब सरदी लगती है तो हाथ मल कर गरम कर लिये जाते हैं। जहाँ कही रगड़ होती है गरमी पैदा हो जाती है। इसीलिए गाड़ियों के पहिये

आवे जाते हैं, रेलगाड़ियों के पहियों में तेल दिया जाता है। इस प्रकार जहाँ कहीं गति अविरुद्ध होती है तहाँ गरमी पैदा होती है। विद्युत् धारा भी जब पतले तारों में से बहती है उसके मार्ग में बाधा उपस्थित होती है, तो गरमी पैदा हो जाती है (जैसे विद्युत् वाहक तारों में अथवा बिजली के बल्बों में)। इन सब बातों का समावेश एक वाक्य में होता है—जहाँ कहीं काम होता है अर्थात् कोई शक्ति काम करती है, गरमी पैदा होती है।

गरमी से काम लिया जा सकता है जैसे इंजन आदि में और काम करने में रगड़ से (विरोध से) गरमी पैदा होती है।

प्राचीन काल में यज्ञों में अग्नि उत्पादन के लिए अग्नि का काम आती थी। लकड़ी के एक चौकोर टुकड़े में सूच्याकार छेद करके उसमें एक तदाकार लकड़ी का टुकड़ा वेग से घुमाया जाता था। इस मन्थन से अग्नि पैदा होती थी। यूनानी पुराणों में इसी की कथा प्रमीथियस के पाताल लोक से अग्नि लाने के बहाने बतलाई गई है।

गरमी—भौतिक, तथा रासायनिक साधनों से उत्पन्न की जा सकती है।

गरमी का पदार्थों पर प्रभाव

(१) चूल्हे पर पत्तीली में पानी रखा जाता है। क्रमशः वह कुनकुना, गरम और अधिक गरम होता है, अन्त में खौलने लगता है। यदि पत्तीली में बरफ भरकर रखी जाय तो पहले पानी में बदल जायगी तदनन्तर पानी क्रमशः ठण्डा, कम ठण्डा, साधारण, कुनकुना, गरम, अधिक गरम होगा और अन्त में खौलने लगेगा और भाप बन कर कुछ देर में पत्तीली खाली छोड़ जायगा (सम्भव है कि कुछ थोड़ी सी तलछट रह जाय)।

यहाँ चूल्हे से जो गरमी निरन्तर आ रही थी उसने ठोस (बरफ) को द्रव (पानी) में परिणत कर दिया और अन्त में द्रव को गैस (वाष्प) में बदल दिया। अतएव अधिक गरम वस्तु से गरमी, ठण्डी (या कम गरम) वस्तु में प्रवेश करती है। ठण्डी वस्तु क्रमशः अधिकाधिक गरम होती चली जाती है अर्थात् उसका ताप मान या तापक्रम बढ़ता चला जाता है। यदि

गरमी निरन्तर दी जाय तो क्रमशः अवस्था का परिवर्तन भी हो जाता है । अतएव गरमी के प्रभाव से किसी वस्तु का (१) तापक्रम बढ़ जाता है । और (२) उसकी अवस्था का परिवर्तन हो सकता है ।

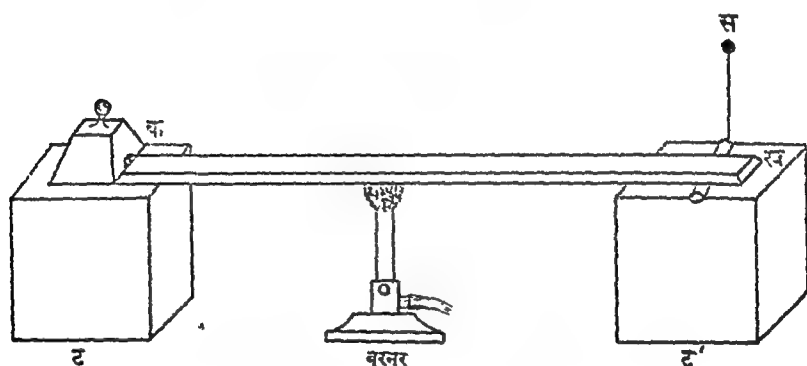
तापक्रम

जब दो वस्तु या पदार्थ सलग्न हों और एक वस्तु से गरमी दूसरे में प्रवेश करे तो हम कहते हैं कि पहली वस्तु का तापक्रम ऊँचा और दूसरी का नीचा है । गरमी सदा ऊँचे तापक्रम से नीचे तापक्रम की ओर जाती है । अतएव तापक्रम किसी वस्तु की वह दशा है जिस पर उसमें से गरमी का निकल कर दूसरे में जाना या दूसरे से गरमी का उसमें आना निर्भर है । वस्तुतः तापक्रम गरम होने का एक मान है जो किसी निर्धारित पैमाने के अनुसार नापा जा सकता है ।

नवाँ अध्याय

ठोसो पर गरमी का प्रभाव

जब इक्के के पहिये पर हाल चढाना होता है तो उसे कण्डों की आंच में खूब गरम करते हैं। जब वह सुर्ख हो जाती है तो पहिये पर बिठाकर पानी छिड़क देते हैं। पानी डालने से वह सिकुड़ जाती है और पहिये को कस कर बॉध देती है। गरमी के मौसिम में प्रायः जब अधिक गरमी पड़ती है तो हाल फैलकर ढीली हो जाती है और निकल तक जाती है। इसीलिए इक्के वाले हाल पर पानी छिड़कते रहते हैं।



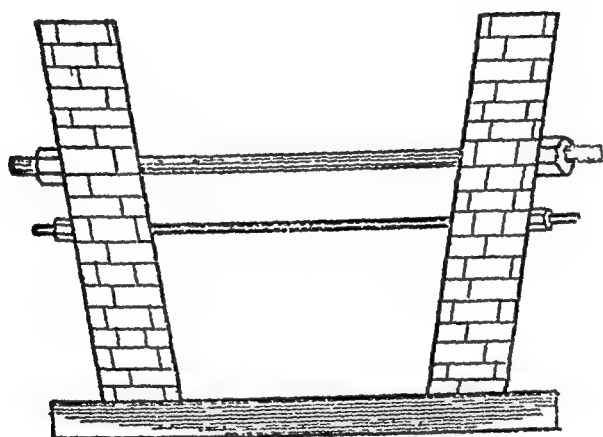
चित्र ३५

प्रयोग—‘टट’ लकड़ी के दो टुकड़ों पर ‘कख’ छड़ रख दो। उसके एक सिरे पर एक भारी वस्तु रखो और दूसरे सिरे के नीचे एक पेसिल में लम्बी सूई लगा कर खड़ी कर दो। नीचे से छड़ को गरम करो छड़ ख की ओर फैलेगी, पेसिल लुढ़कैगी और उसके साथ साथ सूई भी तिरछी हो जायगी।

इस प्रयोग से सिद्ध होगा कि छड़ की लम्बाई बढ़ रही है।

प्रयोग—साथ के चित्र में जो गेद जजीर से लटक रही है वह छल्ले में से निकल सकती है। अब इस गेद को बरनर से गरम करो, तदनन्तर जजीर पकड़ कर गेद को उठाओ। वह छल्ले में से न निकल पायगी। ठंडा होने पर फिर सुगमता से छल्ले में से निकल सकेगी। यहाँ स्पष्ट है कि गरम करने से गेद का आयतन (Volume) बढ़ जाता है।

रेल की पटरियाँ एक दूसरे से सटाकर नहीं जड़ी जातीं। एक तरफ़ उनके बढ़ने के लिए स्थान छोड़ दिया जाता है।

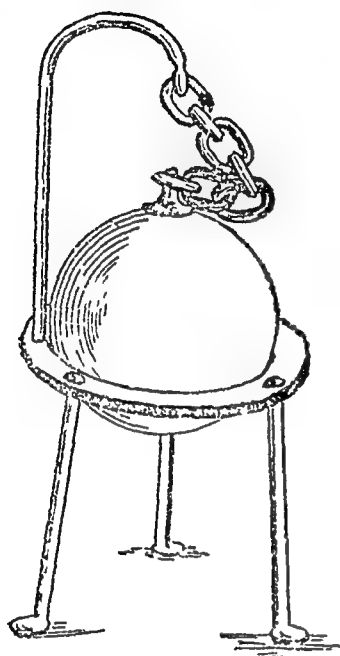


चित्र ३६

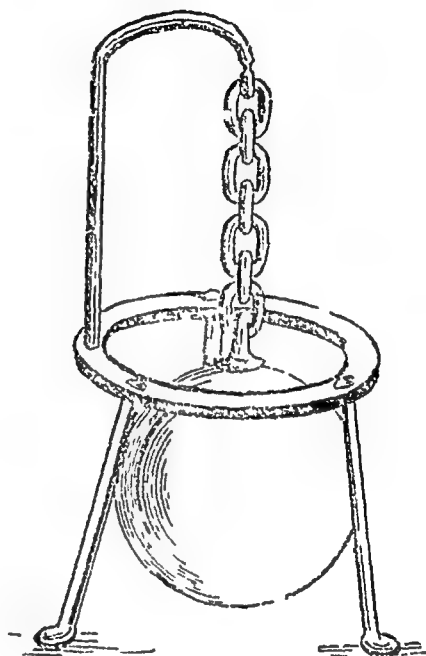
कभी कभी मकानों की दोवारे कुछ टेढ़ी हो जाती हैं। उनको सीधा करने के लिए छड़े लगा दी जाती हैं। उनको खूब गरम करके बाहर की ओर ढिबरी कस दी जाती हैं। ठंडे होने पर छड़ सिकुड़ती हैं और दीवारों को सीधा कर देती हैं।

जिन घटों में पेंडुलम रहता है, उनकी गति भी जाड़े और गरमी में बदलती रहती है क्योंकि दोलक के एक दोलन का समय उसकी लम्बाई पर अवलम्बित है। जाड़े में लम्बाई कम और गरमी में अधिक हो जाती है, इसलिए जो घड़ी जाड़े में ठीक समय बताती है वह गर्मी में

सुस्त (Slow) हो जाती है । इसलिए दोलक का डण्ड केवल एक छड़ का नहीं बनाया जाता ।



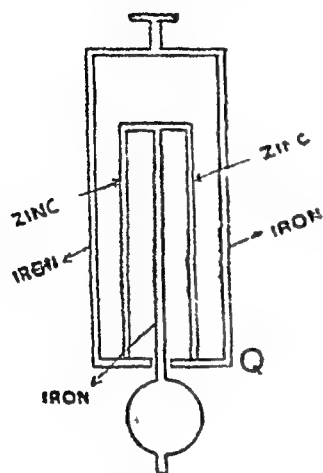
चित्र ३७



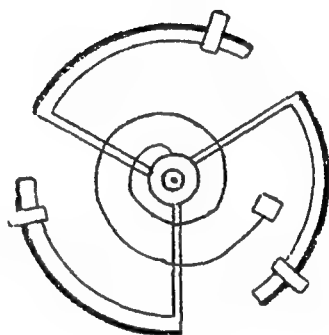
चित्र ३८

जेब घड़ी का समय भी उसके (Balance wheel) बैलेस व्हील के व्यास पर निर्भर रहता है । इसीलिए इस पहिये की परिधि के चार टुकड़े कर दिये जाते हैं, जो अलग अलग रहते हैं, जिनके सिरों पर छोटे छोटे भार आरूढ रहते हैं और जिनमे से प्रत्येक में अधिक फैलने वाला तार बाहर की ओर और कम फैलने वाला भीतर की तरफ रहता है, इस प्रकार वे धातुओं के तारों को जोड़कर बनाये जाते हैं तो परिधि के टुकड़े तापक्रम बढ़ने पर भीतर की तरफ मुड़ जाते हैं और भार-पिण्डों को केन्द्र के पास पहुँचा देते हैं ।

किसी पदार्थ की छड़ की लम्बाई की प्रत्येक श० मीटर में जो वृद्धि १ श० गरम करने से होती है उसको उस पदार्थ का लम्ब प्रसार गुणक (Coefficient of linear expansion) कहते हैं।



चित्र ३९



चित्र ४०

ऊपर बतला चुके हैं कि पेण्डुलम का डण्डा कई छड़ों से बनाते हैं, परन्तु आज कल एक ऐसा पदार्थ मालूम हो चुका है जिसका ल० प्र० गुणक इतना कम है कि तापक्रम के साधारण परिवर्तन का उस पर प्रभाव ही नहीं पड़ता यह पदार्थ (Invar) इनवार है। यह इस्पात का एक विकार है जिसमें ३६% निकिल धातु रहती है।

जब कभी किसी तार को काँच के बर्तन में लगाना होता है तो प्लाटिनम का ही तार प्रयुक्त होता है, क्योंकि प्लाटिनम और काँच का ल० प्र० गु० एक समान है। यदि ऐसा तार लिया जाय जिसका ल० प्र० गु० कम या अधिक हो तो काँच के तापक्रम घटने बढ़ने पर तार और काँच के बीच में “साँस” पैदा हो जायगी। बिजली के वल्बों के निर्माण में भी प्लाटिनम के तार काम में लाये जाते थे, परन्तु आज कल एक धातु-मिश्रण (Alloy) का प्रयोग होता है जो इस्पात में ४५% निकिल धातु मिलाकर बनायी जाती है। इसको प्लाटिनैट (Platenite) कहते हैं।

काँच और क्वार्ट्ज

काँच की बनी चिमनी यदि गरम हो और उस पर पानी छिड़क दे तो वह चटख जाती है। क्योंकि पानी पड़ने से काँच ऊपर से ठंडा होकर सिकुड़ता है परन्तु भीतर का भाग फैला ही हुआ रहता है इस प्रकार काँच में तनाव पैदा होकर काँच चटख जाता है। परन्तु यदि कोई चिमनी या परखनली क्वार्ट्ज की बनी हो तो उसके रक्त-उत्तप्त अवस्था में भी पानी में निर्भय होकर डुबो सकते हैं। क्यों? क्वार्ट्ज का ल० प्र० गु० इतना कम है कि उसमें नाममात्र का भी सिकुड़न नहीं होती।

सब से अधिक फैलने वाला ठोस पदार्थ

बरफ का ल० प्र० गुणक सब से अधिक है। बरफ का यह भौतिक गुण चट्टानों के छिन्न भिन्न करने और भूमि की उबरी शक्ति बढ़ाने में बड़ा महत्व रखती है।

सब से कम फैलनेवाले ठोस पदार्थ

हम बतला चुके हैं कि इनवार बहुत कम फैलता है। क्वार्ट्ज इससे भी कम फैलता है।

समान फैलने वाले पदार्थ

काच, प्लाटिनम और प्लाटिनैट सब एक समान फैलते हैं।

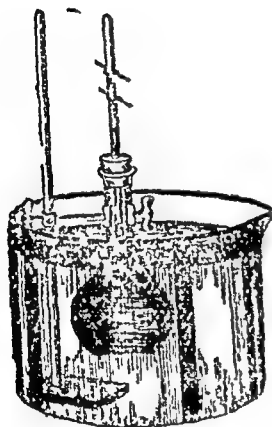
कुछ पदार्थों के लम्ब प्रसार गुणक

बरफ	००००५३	प्लाटिनम	०००,००८४
इनवार	०००,०००,८७	काच	०००,००८४
क्वार्ट्ज	०००,०००,५६	इस्पात	०००,०१०८
		पोतल	०००,०१८

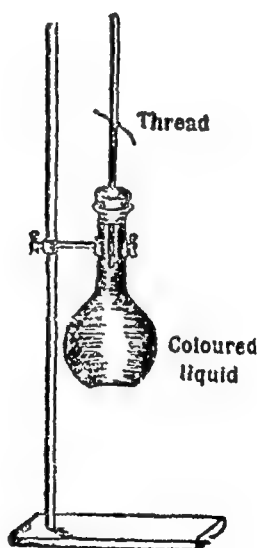
दसवाँ अध्याय

द्रवों का प्रसार और तापमापक

एक कुप्पी लेकर उसमें पानी भर दो और एक काग लगा दो जिसके बीचोबीच एक काँच की नली लगी हो। पानी कुछ नली में भी चढ़ जायगा। अब नली पर एक धागा बाँध दो जो पानी की ऊँचाई बतावे। कुप्पी को किसी गरम पानी से भरे बर्तन में डुबो दो। देखोगे कि पहले पानी ट्यूब में थोड़ा सा धागे के नीचे उतर आता है तदनन्तर धागे के बहुत आगे बढ़ जाता है। क्यों ?



चित्र ४१



चित्र ४२

पहले कुप्पी का काँच गरम होकर फैलता है, इसलिये उसका आयतन बढ़ जाता है और पानी नीचे के खिसक जाता है। तदनन्तर पानी में गरमी पहुँचती है और वह कुप्पी के काँच की अपेक्षा अधिक फैलता है

और नली में अग्रसर हो जाता है। स्पष्ट है कि ठोसों की अपेक्षा द्रव अधिक बढ़ते हैं।

जो यंत्र हम उपर्युक्त प्रयोग में काम में लाये हैं वह एक प्रकार का ताप-द्योतक है। परन्तु द्रवों की बड़ी मात्राओं में ही डुबोया जा सकता है। इसके स्थान पर यदि एक काँच की नली को गरम करके उसके एक सिरे पर बल्ब फूँककर बना ले। और बल्ब को और ट्यूब के कुछ अंश को रंगीन पानी से भर दे तो यह यंत्र अधिक उपयोगी होगा।

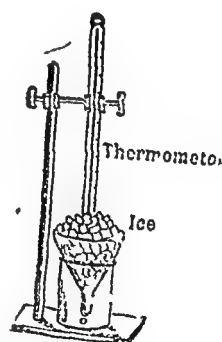
ताप मापक

एक काँच की नली लो जिसकी दीवारें खूब मोटी हो परन्तु बीच का छेद बहुत बारीक परन्तु आधो पान्त समान व्यास का हो। इसके एक सिरे को गरम करके और हवा फूँककर उसकी एक लम्बी या गोल घुडी बना लो। उसके दूसरे छोर पर एक छोटी सी कीप खड नली से लगा दो। कीप में पारा छोड़ दो और घुडी को गरम पानी में डुबो कर कुछ देर बाद निकाल लो। गरमी पाकर उसमें की हवा फैलेगी और पारे में से बुदबुदा कर निकलने लगेगी, परन्तु जब घुडी ठंडी पड़ेगी तो उसके भीतर की वायु सकुचित होगी, उसका आय-

तन कम होगा, अतः वायु के दबाव से पारा अन्दर घुसने लगेगा। इस प्रकार कई बार करने से घुडी और आधी नली पारे से भर सकते हैं। अब नमक के औटते हुए घोल में घुडी को और नलिका



चित्र ४३



चित्र ४४

तापक्रम के तीन पैमाने

के कुछ भाग को ढुबो दो। पारा फैलकर, समस्त नलिका के भीतर लेगा। अब किसी तेज़ ज्वाला से नलिका के उस भाग को जो कीप के नीचे है गरम करके बन्द कर दो। नलिका का ऊपरी भाग, कीप सहित कट कर अलग हो जायगा। तब नलिका को ठंडा होने दो।

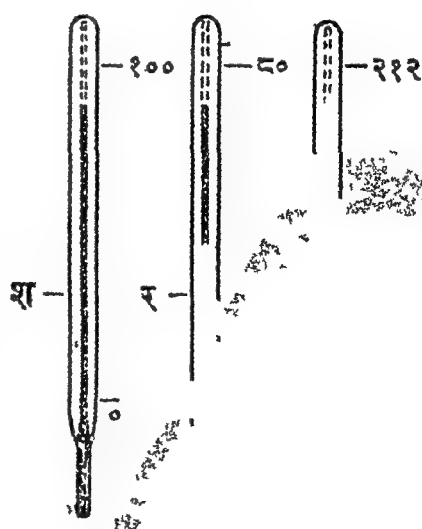
जब ठंडा हो जाय तो घुंड़ी के बरफ में दबाकर कुछ देर तक रहने दो। देखोगे कि पारा घुंड़ी के कुछ ऊपर आकर ठहर जायगा। यह पारे का स्थान बरफ के पिघलने का तापक्रम बतावेगा। अब इस यंत्र को खोलते पानी की भाप में लटकाकर जहाँ तक पारा चढ़े निशान लगा दो। यह स्थान पानी के उबलने का द्योतक होगा। प्रायः उबाल विन्दु का चिन्ह पहले लगाते हैं और तब द्रवण विन्दु का।

अब भविष्य में जिस स्थान पर पारा होगा, उससे यह मालूम हो जायगा कि यंत्र का तापक्रम जल के द्रवणविन्दु से या क्वथनांक से नीचे या ऊपर है। केवल दो तापक्रम की अपेक्षतः किसी वस्तु के तापक्रम का ज्ञान हमको हो सकता है।

तापक्रम के तीन पैमाने

शतांश तापक्रम—जो दो निशान तापमापक पर हमने लगाये हैं उनमें से पहले को 0° और दूसरे को 100° मानकर निशान बना लिये जायें तो यह पैमाना शतांश पैमाना कहलायेगा।

फेहरेनहाइट पैमाना—इसमें बरफ के पिघलने के तापक्रम को 32° और ऊपर के क्वथनांक को 212° माना जाता है, अर्थात् बीच का स्थान 180 बराबर भागों में बाँट दिया जाता है। यह पैमाना डाक्टर लोग काम में लाते हैं। वायुमण्डल का तापक्रम



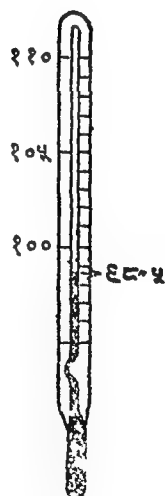
भी सरकारी विज्ञप्तियों में इसी पैमाने पर रहता है। अको के आगे (F) बना दिया जाता है जैसे इस मनुष्य का तापक्रम ६८.५° फा० है। ज्वर आने पर यह तापक्रम बढ़ जाता है।

र्यूमर पैमाना — इसमें बरफ का द्रवणविन्दु ०° है और क्वथनांक ८०° माना जाता है। यह बहुत कम काम में आता है।

डाक्टरों का तापमापक

(Clinical Thermometer)

यह तापमापक फारनहैट पैमाने का होता है। परन्तु नलिका पर जो डिग्रियाँ बनाते हैं वह ६०° से लेकर ११०° तक ही रहती हैं, क्योंकि प्रायः डाक्टरों को ६५° से लेकर ११०° फा तक के बीच में ही तापक्रम देखने होते हैं। इसमें एक और विशेषता रहती है। घुण्डी के ऊपर नलिका में एक अत्यन्त बारीक मोड़ बना दिया जाता है। इस कारण तापक्रम बढ़ने पर पारा सकड़े भाग में से प्रसार के बल से निकल जाता है। परन्तु तापक्रम घटने पर पारे का डोरा इस स्थान पर टूट जाता है। ऊपर के भाग का पारा ऊपर ही रह जाता है और घुण्डी का पारा सकड़े स्थान के बीच सिकुड़ता है। इस प्रकार रोगी के मुँह में से तापमापक निकाल लेने के बाद भी उसी स्थान पर रहता है जहाँ पहले था और चिकित्सक तापमान सावधानी से देख लेता है। ध्यान रहे कि सिकुड़े स्थान के ऊपर पारे की मात्रा अत्यन्त कम होती है, अतएव उसमें सिकुड़न भी कम होती है। और वह पूर्ववत् ही बना रहता है।



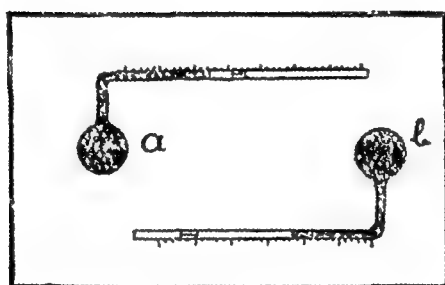
चित्र ४६

जब द्वारा इस तापमापक का काम में लाना होता है तो झटका देकर ऊपर के पारे को घुण्डी में ले आते हैं।

उच्चतम और न्यूनतम तापमापक

(Maximum and Minimum Thermometers)

डाक्टरी थर्मामीटर भी एक उच्चतम तापमापक है। वह उस उच्चतम तापक्रम को बतलाता है, जो रोगी के मुख में पहुँच चुका था। प्रयोगशाला में एक दिये हुए समय में कितना उच्चतम या न्यूनतम तापक्रम हो चुका है—यह जानने के लिए चित्र में दिखाये हुए तापमापक काम में लाते हैं।



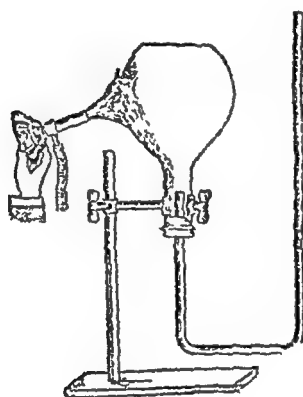
चित्र ४७

इस यंत्र में दो तापमापक होते हैं, एक में रंगी हुई मदिरा भरी रहती है और दूसरे में पारा। मदिरा वाले तापमापक में एक द्योतक (Index) मदिरा के भीतर मदिरास्थंभ के छोर से सटा हुआ रख देते हैं। जब तापक्रम गिरता है, मदिरा का संकोच होता है और मदिरा द्योतक को घसीट कर घुण्डी की तरफ ले जाती है। जब तापक्रम बढ़ने लगता है तो मदिरा का प्रसार होने लगता है, द्योतक न्यूनतम तापक्रम के स्थान पर ही रह जाता है। दूसरे तापमापक में द्योतक पारद के बाहर पारद स्तम्भ से सटा कर रखते हैं। तापक्रम बढ़ने पर पारद का प्रसार होता है और द्योतक उच्चतम तापक्रम के स्थान पर पहुँचता है। जब तापक्रम कम होता है द्योतक वही छूट जाता है।

गैसो का प्रसार

एक गोल पेड़ की कुप्री लेकर, उसके मुँह में काग लगा दो। काग

के बीचो-बीच एक छेद करके उसमें एक काँच की नली लगा दो। कुप्पी को ऊपर रख कर, औधा दो और नली का मुँह पानी में डुबो दो। अब कुप्पी को दोनों हाथों से घेर कर गरम करो। हवा का कुछ अंश पानी में बुदबुदा कर निकल जायगा। अब सावधानी से कुप्पी को किसी वर्नर से गरम करो। हवा का कुछ अंश और निकल आयगा। जब कुप्पी ठंडी होगी तो उसमें पानी चढ़ जायगा।

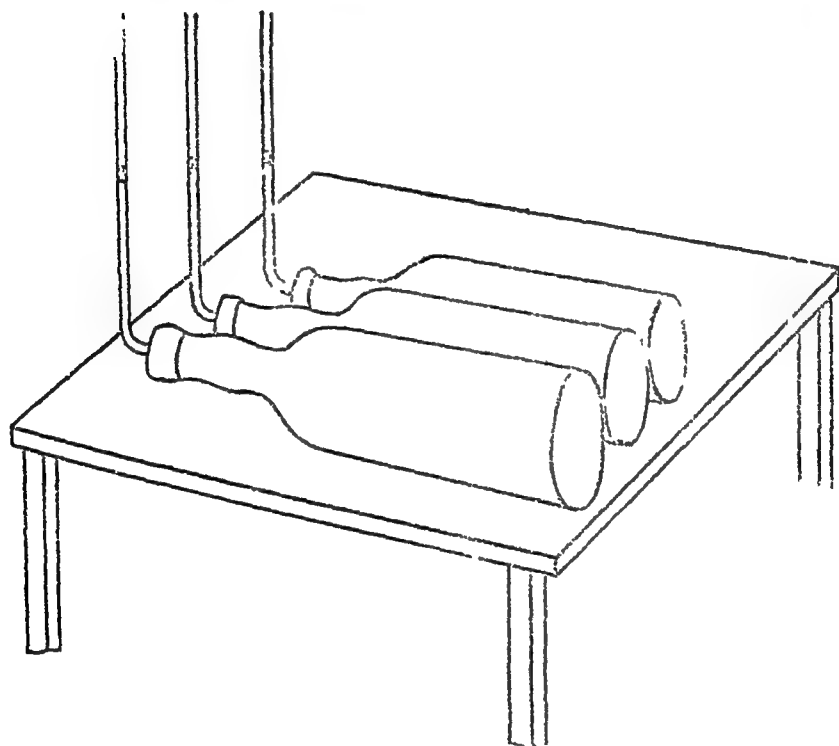


चित्र ४८

कई साधारण बोतल लो। उनमें काग लगा दो प्रत्येक काग में छेद करके एक काँच की नली लगा दो जो एक सिरे से सात आठ अंगुल पर लम्बे रूप में कुन्हिया की नाईं मुड़ी हो। प्रत्येक ट्यूब में एक बूँद रंगीन शराब की डाल दो। तदनन्तर इन बोतलों में भिन्न भिन्न गैसें भर कर काग लगा कर इस प्रकार किसी पानी भरे वर्तन में रख दो कि ट्यूब खड़ी रहे। अब पानी को गरम करो। देखोगे कि शराब की बूँद प्रत्येक ट्यूब में बराबर हटती हैं। स्पष्ट है कि प्रत्येक गैस उतनी ही बढ़ती है। चार्ल्स ने हिसाब लगाया था कि एक अंश (शतांश) गरम करने पे प्रत्येक गैस अपने ०° श पर के आयतन के $\frac{1}{273}$ वे भाग के तुल्य बढ़ती है।

जमाने वाले मिश्रण (Freezing Mixtures)

किसी कुल्फी मलाई वाले के मटके को देखो तो मालूम होगा कि उसमे बरफ के टुकड़े और नमक मौजूद हैं। बरफ में नमक क्यों मिलाया



चित्र ४९

जाता है। बरफ का तापक्रम 0° श होता है। इसमे जब नमक २५% (चौथाई) मिला देते हैं तो -20° श तक का तापक्रम प्राप्त हो सकता है। नमक के स्थान पर कलमी शोरा या कलमी खटिक हरिद (Nitre or Calcium Chloride) लिया जाय तो और अधिक नीचा तापक्रम प्राप्त हो सकता है।* इस तापक्रम पर कबन द्विओषिद गैस द्रवी भूत हो

* तीन भाग कलमी हरिद और दो भाग बरफ मिलाने से -45° श का तापक्रम पहुँच जाता है।

सकती है। इस द्रवित गैस को किसी टोंटीदार बर्तन में भर कर टोंटी से द्रव को धीरे धीरे गिरावे तो द्रव ठोस में बदल जायगा। इसका तापत्र— -78° श होता है इसको कर्बन दिऑक्साइड बरफ (Carbon dioxide Snow) कहते हैं। इस बरफ में ईथर मिलाने से बहुत नीचा तापक्रम प्राप्त हो सकता है।

ग्यारहवाँ अध्याय

ताप की मात्रा

गर्मी ली या दी जा सकती है वह एक वस्तु से निकल कर दूसरी वस्तु में प्रवेश कर सकती है। गरम लोहे के गोले को पानी में डाल दे तो पानी गरम हो जायगा और गोला ठंडा, यहाँ तक कि दोनों का तापक्रम समान हो जायगा। यदि हम १० दस ग्राम के गोले पीतल, लोहा आदि पदार्थों के बना ले और उनको खौलते पानी के तापक्रम अर्थात् १००° श तक गरम करके पानी की समान मात्राओं में डाल दें तो अन्त में पानी का तापक्रम एक समान न रहेगा। इससे स्पष्ट है भिन्न भिन्न पदार्थों की समान मात्राएँ भी असमान ताप की मात्राएँ देती हैं। इसलिए प्रत्येक पदार्थ का विशिष्ट ताप (Specific Heat) निकालना पड़ता है। किसी पदार्थ का विशिष्ट ताप वह ताप की मात्रा है जो उस पदार्थ के एक ग्राम को एक डिग्री शतांश तक गरम करने में काम आती है अथवा एक ग्राम पदार्थ के एक डिग्री ठंडे होने में जो ताप की मात्रा प्राप्त होगी वह उस पदार्थ का विशिष्ट ताप कहलायगा।

एक ग्राम पानी को एक डिग्री शतांश गरम करने के लिए जितने ताप की आवश्यकता होती है उसे १ कलारी कहते हैं। यही ताप की इकाई कहलाती है। ताप को इस इकाई को मान लेने पर विशिष्ट ताप की एक अधिक सरल परिभाषा यों दी जा सकती है।

किसी पदार्थ का विशिष्ट ताप उस पदार्थ के किसी पिण्ड को एक डिग्री शतांश तक गरम करने के लिए जितनी गरमी चाहिये और उतने ही भार वाले पानी को एक डिग्री श० गरम करने के लिए जितनी गरमी चाहिये. इन दोनों गरमी की मात्राओं की निष्पत्ति है अर्थात्।

किसी पदार्थ का विशिष्ट ताप

उस पदार्थ के किसी पिण्ड को १°श गरम करनेवाली गरमी की मात्रा
 = उतने ही भार वाले पानी को १°श करने वाली गरमी की मात्रा
 कुछ पदार्थों के विशिष्ट ताप नीचे दिये जाते हैं। उनसे पता चलेगा
 कि पानी का विशिष्ट ताप सबसे अधिक है।

अल्यूमिनियम ० २१२

पीतल ० ०८८

ताँबा ० ०६३६

रेत ० १६

बरफ ० ५०२

काँच ० १२

ग्लिसरीन ० ५८

पानी १ ००

पानी के ऊँचे विशिष्ट ताप का महत्व

दिन में जब कि गरमी तेज पड़ती है तो धरती अधिक गरम हो जाती है और समुद्र का जल कम क्योंकि मट्टी का विशिष्ट ताप कम और पानी का अधिक है। धरती के गरम होने से उसके ऊपर की हवा भी गरम हो जाती है और पतली होकर ऊपर को उठने लगती है। अतएव समुद्र के ऊपर की ठंडी हवा धरती की तरफ दौड़ती है—हवा समुद्र से खुशकी को ओर चलती है। रात को धरती शीघ्र ठंडी हो जाती है पर पानी इतनी शीघ्रता से ठंडा नहीं हो पाता, अतएव रात में हवा खुशकी से समुद्र की ओर अग्रसर होती है।

इसी प्रकार समुद्र का जल जितनी गरमी को ग्रीष्म ऋतु में सोख लेता है वह क्रमशः पानी में से निकल कर खुशकी का तापक्रम सहसा कम नहीं

होने देती। इस प्रकार टापुओं के तापक्रम पर और उनके मौसम पर समुद्र का बहुत गहरा प्रभाव पड़ता है।

ताप की समाई (Capacity for Heat) या ताप ग्रहण शक्ति

हम ऊपर बतला चुके हैं कि ताँबे का विशिष्ट ताप ०.६ है। अतएव यदि १०० ग्राम ताँबे का एक बर्तन ले तो उसको १°श गरम करने के लिए 100×0.6 अर्थात् ६ कलारी ताप की आवश्यकता होगी। यह ताप की मात्रा उस बर्तन (पिण्ड) की ताप की समाई (Capacity for Heat) कहलायगी। अर्थात् किसी पिण्ड की ताप की समाई ताप की वह मात्रा है जो उस पिण्ड को १°श गरम करने में काम आती है। अथवा जो उस पिण्ड के १°श ठंडे होने में उसमें से निकलती है।

दशा का परिवर्तन

एक बीकर में कुछ पानी और बरफ का मिश्रण लो उसको तिपाई पर जाली बिछा कर रख दो और मिश्रण को हिला कर ताप क्रम देख लो। वह ० श होगा। हिलाते जाओ, तापक्रम उतना ही रहेगा, परन्तु बरफ क्रमशः गलती जायगी। अब एक बरनर जलाकर तिपाई के नीचे रख दो। हिलाते जाओ और तापक्रम लेते जाओ। देखोगे कि यद्यपि बरनर से ताप निरन्तर आ रहा है, तथापि तापक्रम ० श ही रहता है। यही हाल रहेगा जब तक कि कुल बरफ न गल जायगी।

बरफ के गल चुकने के पहले तापक्रम क्यों नहीं बढ़ता? जो ताप बरनर में आता है वह कहाँ चला जाता है? बरफ गल चुकने के बाद ही क्यों तापक्रम बढ़ता है? इन सब प्रश्नों का एक यही उत्तर है कि बरफ के गलने में कुछ ताप उसके अन्दर प्रवेश कर जाता है, जो अवस्था परिवर्तन (ठोस से द्रव) में काम आता है न कि तापक्रम बढ़ाने में। जो ताप इस प्रकार प्रवर्तित हो जाता है—छिप जाता है—उसे द्रवण का गुप्त ताप (Latent Heat of fusion) कहते हैं।

जिस प्रकार गलते समय द्रवित होने में ताप गुप्त या लुप्त हो जाता है उसी प्रकार ठोस होने में या जमने में ताप प्रकट भी होता है। किसी परख नली (Test tube) में नेफथलीन बूक कर लगभग आधी भर दो। इस ट्यूब को पानी भरे बीकर में रख दो और पानी गरम करो, यहाँ तक कि नेफथलीन बिलकुल गल जाय। अब बरनर हटा दो। नेफथलीन के बीचो-बीच एक ताप-मापक की धुड़ी लटका दो। और क्रमशः बिना हिलाये डुलाये तापक्रम पढ़ते जाओ। पहले देखोगे कि तापक्रम क्रमशः घटता जाता है। कुछ देर बाद उसका घटना रुक जायगा, वह कुछ समय तक यथावत बना रहेगा। ध्यान देकर देखोगे तो पता चलेगा कि नेफथलीन जमती जा रही है। जब कुल जम जायगी तो तापक्रम फिर धीरे धीरे घटेगा—यहाँ तक कि कमरे के तापक्रम के बराबर हो जायगा।

पहले क्यों तापक्रम घटा ?—नेफथलीन का तापक्रम कमरे के तापक्रम से अधिक था। अतएव उसमें से ताप निकल कर कमरे में फैला। इस क्रिया को विकिरण (Radiation) कहते हैं। ऊँचे तापक्रम के पिण्ड अपना ताप चारों ओर वितरित करते रहते हैं।

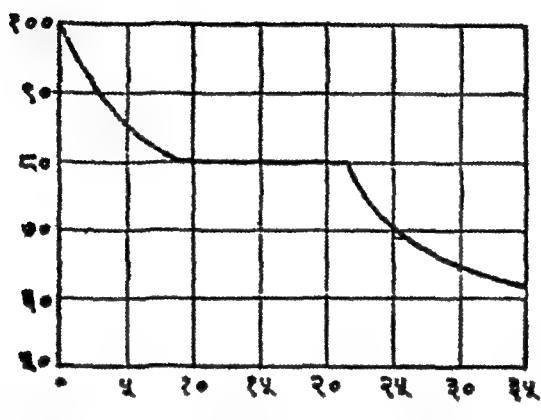
तापक्रम स्थिर क्यों हुआ ?—जब तापक्रम घटते घटते नेफथलीन के द्रवण बिन्दु अथवा जमाव बिन्दु तक आ गया तो उसका जमना आरम्भ हुआ। जमते समय वह ताप जो गलते समय लुप्त हो गया था प्रकट होने लगा। इसलिए विकिरण से (Radiation) जो ताप बाहर जाता था, उतना जमने की क्रिया में पैदा होने लगा। अतएव जब तक जमना जारी रहा, तापक्रम स्थिर रहा। तत्पश्चात् फिर घटने लगा।

प्रयोग—नेफथलीन का ठंडे होने का वक्र खींचो और उसका द्रवण बिन्दु निकालो।

उपर्युक्त प्रयोग में ठंडे होते हुए नेफथलीन का तापक्रम आध आध

मिनट पर देख लो। उसके जम जाने पर चारखाने के कागज पर समय और तापक्रम के द्योतक विन्दु बनालो। इनके जोड़ने से एक वक्र बन जायगा जो चित्र ५० में दिखाया गया है। सीधी रेखा द्रवण विन्दु बताती है।

शतांशतापक्रम



चित्र ५०—नेफथलीन के ठंडे होने का वक्र और उसका द्रवणविन्दु

प्रयोगों द्वारा पता चला है कि १ ग्राम बरफ के पिघलने के लिए ८० कलारी ताप की आवश्यकता होती है। अतएव १ ग्राम बरफ बनाने के लिए १ ग्राम पानी में से जिसका तापक्रम ०° श है ८० कलारी गरमी निकालनी पड़ेगी। अतएव बरफ जमने के लिये पानी को केवल ०° श तक ही नहीं बरन और नीचे के तापक्रम तक ठंडा करते हैं। पहले पानी (बरफ और नमक के मिश्रण में रख कर) मान लीजिये—२०° श तक ठंडा किया गया। उसका कुछ अंश जम जायगा, तापक्रम बढ़ कर ०° श हो जायगा, तदनन्तर पानी फिर ठंडा होगा—यही क्रम जारी रहेगा जब तक कुल पानी की बरफ न बन जायगी।

बरफ क्यों गलती है ?

बरफ का तापक्रम ०° श रहता है परन्तु आस बहुत ऊँचा रहता है। अतएव चारों तरफ (Radiation) से उसमें पहुँचती है और बरफ

भौ० शा०—५

क्या बरफ का गलना रोका जा सकता है

गरमी केवल विकिरण (Radiation) से ही नहीं पहुँचती बल्कि परिचालन (Conduction) से भी पहुँचती है। बरफ जिस चीज़ में रखी जाती है उसका सम्पर्क अन्य चीज़ों से भी है, जिनका तापक्रम अधिक है। अधिक संलग्न रहने से ताप ऊँचे तापक्रम वाली वस्तुओं से परिचालन द्वारा बरफ तक पहुँचता है। इस परिचालन को कम करने के लिए बरफ काठ के बक्स में, काठ के बुरादे में दबा कर या कम्बल में लपेट कर रखी जाती है। काठ, बुरादा, कम्बल सभी बुरे चालक हैं, अतएव उनके द्वारा बाहर की गरमी परिचालन (Conduction) से बरफ तक नहीं पहुँच सकती।

(Thermos or Thermo flask)

थर्मोस या थर्मोफ्लास्क में (Conduction) परिचालन और (Radiation) विकिरण दोनों को रोकने का प्रयत्न किया जाता है।



चित्र ५१

चित्र ५२

उसके अन्दर की कुप्पो दुहरी दीवार की होती है। भीतरी दीवार भीतर से और बाहरी बाहर से पालिश करके चमकदार कर दी जाती

अन्तर केवल 36° श का है। इस प्रकार दोनों में अधिक अन्तर न होने से न तो शरीर का ताप एक दम बरफ की तरफ दौड़ेगा और न इतना नष्ट ही होगा। उधर भाप का तापक्रम 100° श है। उसका और शरीर के तापक्रम का अन्तर 64° है, इसलिए उसकी गरमी शरीर में जल्दी प्रवेश करेगी और प्रत्येक ग्राम भाप के पानी बनने में 540 कलारी निकलकर शरीर पर क्रिया करेगी, अतएव शरीर पर आबले पड़ जायेंगे।

क्या पानी सदा 100° श पर ही खौलता है ?

यदि पानी में कोई पदार्थ घुला हुआ है तो उसका क्वथनांक बढ़ जायगा, (यदि पदार्थ उड़नशील नहीं है तो) इसलिए जत्र साग में नमक छोड़ देते हैं तो जल्दी चुर जाता है। उसका क्वथनांक 100° श अधिक हो जाता है। यदि मिला हुआ पदार्थ उड़नशील हुआ (Volatile) तो उबाल विन्दु कम हो जायगा, जैसे पानी में मद्यसार अमोनिया आदि मिला देने से होता है, अतएव यदि पानी शुद्ध हुआ तो उसका उबाल विन्दु लगभग 100° श होगा।

लगभग क्यों ? इसका कारण यह है कि वायु के दबाव का भी प्रभाव क्वथनांक पर होता है। लगभग 29 स० मि० दबाव के अन्तर हो जाने से क्वथनांक में भी 1° श का अन्तर हो जाता है।

अब समझ में आ जायगा कि पहाड़ों पर साग, भाजी या दाल का चुरना क्यों कठिन हो जाता है। वहाँ वायु का दबाव कम होता है, इसलिए क्वथनांक कम हो जाता है और साग चुरने के योग्य तापक्रम नहीं पहुँच पाता।

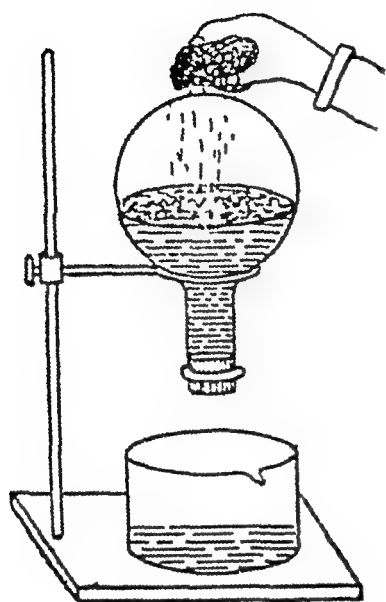
पाचक (Digester)

यदि देगची का मुँह बन्द करके भाप का निकलना बन्द कर दिया जाय तो जो भाप बनेगी वह भीतर ही रहकर पानी पर का दबाव बढ़ा देगी, इसलिए पानी का उबाल विन्दु बढ़ जायगी। यही " पाचक " यंत्र का सिद्धान्त है। एक साधारण पाचक यंत्र देगची पर सिल आदि

क्या द्रवण विन्दु पर भी दबाव का प्रभाव पड़ता है ? ६९

रखकर भी घर पर बना लिया जाता है, जैसा कि बहुधा जमीकंद बनाते वक्त किया जाता है ।

प्रयोग — एक कुप्पी में पानी गरम करो यहाँ तक कि उबलने लगे ।

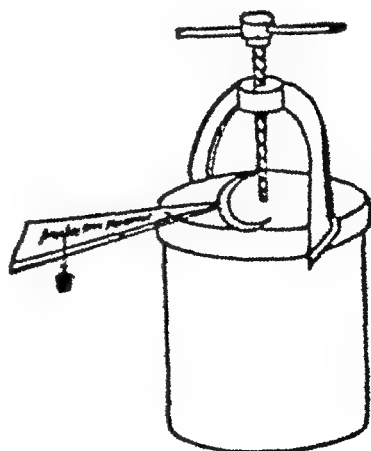


तदनन्तर बरनर हटाकर कुप्पी का मुँह काग से बन्द कर दो और उसको स्टैंड के छल्ले में आँधा दो । अब एक भाड़न के पानी में भिगो कर कुप्पी के ऊपर निचोड़ो । देखोगे कि पानी फिर से उबलने लगेगा । पानी पड़ने से कुप्पी के अन्दर की भाप ठडी होकर द्रवित हो जायगी । अतएव पानी के ऊपर का दबाव कम हो जायगी और तापक्रम 100° श से कम होने पर भी वह खौलने लगेगा ।

चित्र ५३

क्या द्रवण विन्दु पर भी दबाव का प्रभाव पड़ता है ?

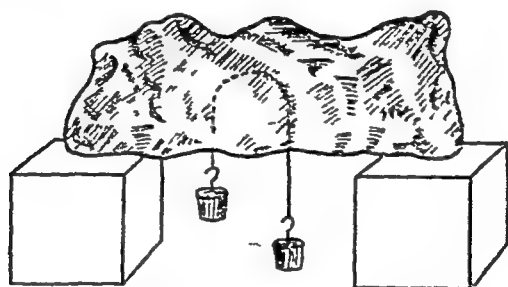
आपने बाज़ार में बरफ की चिड़िया बिकते देखी होगी । बरफ का बुरादा साँचे में डाल कर भीचा जाता है । इससे बरफ के टुकड़े एक दूसरे से जुड़कर चिड़िया का रूप बना लेते हैं । वस्तुतः दबाव पड़ने से बरफ का द्रवण विन्दु कम हो जाता है अर्थात् 0° श पर भी रहते हुए वह द्रवित हो जाती है, परन्तु दबाव हटने से फिर द्रवण विन्दु बढ़



चित्र ५४ — पाचक

जाता है, पिघली हुई बरफ जम जाती है। जिन टुकड़ों के बीच यह घटना होती है वह चिपक जाते हैं।

प्रयोग—एक बरफ का दस सेर का टुकड़ा दो लकड़ी के बक्सों पर रख दो। बीच में उस पर एक तार लटका दो और तार के दोनों सिरों में भारी बॉट बांधकर लटका दो। थोड़ी देर में देखोगे कि तार चार अंगुल धंस जायगा परन्तु बरफ का पिण्ड कहीं कटा नजर न आयेगा। तार के नीचे दबाव पड़ने से बरफ पिघल जाती है और उस पानी में तार डूब जाता है, पानी तार के ऊपर आ जाता है, परन्तु दबाव कम होते ही जम जाता है। इस प्रकार तार बरफ में धसता चला जाता है। इस क्रिया को (Regelation) पुनर्घनीभवन कहते हैं।



चित्र ५५

प्रकृति में पुनर्घनी भवन

पहाड़ों में बरफ बहुत गिरती है तो उसके बड़े बड़े ढेर लग जाते हैं। इन ढेरों के नीचे की बरफ दबाव पड़ने से पिघल जाती है अतएव ऊपर का पिण्ड ढलाव की तरफ चलने लगता है। इन्हीं बरफ की नदियों को हिमनद Glacier कहते हैं। स्केटिंग में भी दबाव से स्केट के नीचे की बरफ गल जाती है और स्केटिंग सम्भव होता है।

बरफ पानी से हलकी है या भारी ?

बरफ पानी में उतराती है, इसलिए बरफ पानी से हलकी है। प्रयोगों

से पता चला है कि एक घन श० मी० बरफ का भार ६०७ ग्राम है अर्थात् बरफ बनने में आयतन की वृद्धि लगभग दशांश हो जाती है।

ठोस होने पर फैलने वाले पदार्थों का द्रवण बिन्दु दबाव बढ़ाने से घट जाता है और घटाने से बढ़ जाता है।

परन्तु जो पदार्थ ठोस होने पर सिकुड़ जाते हैं, उन पर इससे विपरीत प्रभाव पड़ता है।

गरम छत धोने से ठंडी होती है ?

यदि किसी गरम वस्तु को ठंडा करना हो तो उसको धोने से काम न चलेगा। उस पर छीटा देना अधिक लाभदायक होगा। धोने से पानी ऊपर होकर निकल जायगा। कुछ गरमी का अपहरण परिचालन (Conduction) से कर लेगा। परन्तु छीटा देने से पानी वहाँ गिर कर भाप बन कर उड़ेगा। प्रत्येक ग्राम पानी भाप बनने में ५४० कलारी गरमी ले उड़ेगा। अतएव छीटा देने से कम पानी से वस्तु को ठंडा किया जा सकता है।

फब्बारे का स्नान ,

अपने शरीर पर पानी लोटा भर भर डालने में उतनी सरदी नहीं लगती जितनी फब्बारे के नीचे छीटे पड़ने से लगती है। कारण पूर्ववत् है।

बारहवाँ अध्याय

ताप की यात्रा

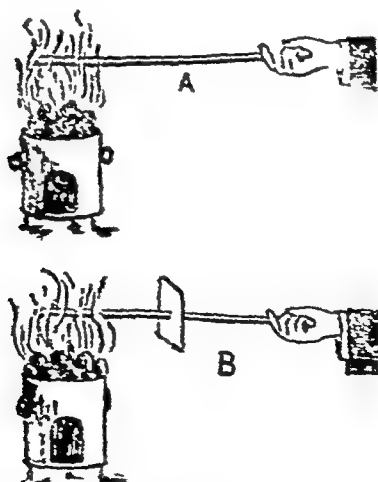
ताप एक स्थान से दूसरे स्थान को नीचे लिखी तीन विधियों में से किसी एक के द्वारा जाता है :-

परिचालन (Conduction)

परिवाहन (Convection)

विकिरण (Radiation)

यहाँ इन तीनों विधियों पर विचार करेंगे । जलती हुई अँगीठी या चूल्हे में एक लोहे की छड़ का सिरा रख दो । देखोगे कि थोड़ी देर में गरमी दूसरे सिरे तक पहुँच जाती है और छड़ क्रमशः गरम होने लगती है । जो सिरा अँगीठी में रखा हुआ है वह सबसे अधिक गरम होगा और क्रमशः तापक्रम कम होता चला जायगा, यहाँ तक कि बाहरी सिरे तक पहुँच जाओगे ।

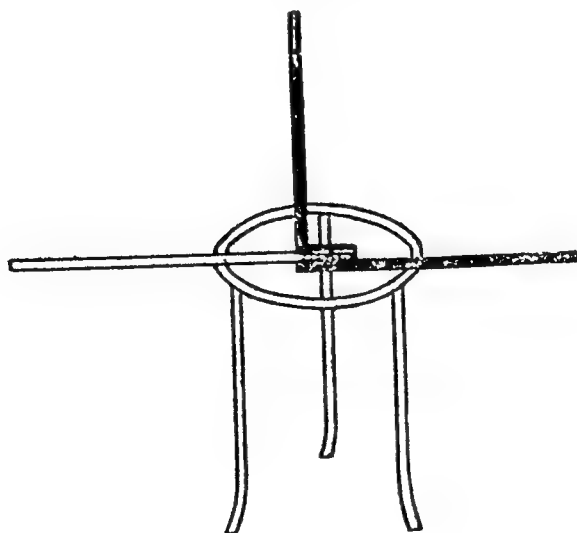


चित्र ५६

यदि उक्त छड़ में एक दफती का टुकड़ा पहना दें तो छड़ के गरम होने में कोई अन्तर न पड़ेगा, परन्तु हमको कम तपन जान पड़ेगी। कारण यह है कि जो गरमी विकिरण द्वारा हम तक पहुँचती थी उसे दफती रोक लेती है, परन्तु छड़ में गरमी का प्रवाह पूर्ववत् बना रहेगा।

यहाँ पर गरमी परिचालन क्रिया से एक स्थान से दूसरे स्थान तक चलती है। दोनों स्थानों के बीच में किसी ठोस पदार्थ की आवश्यकता है। इस ठोस पदार्थ के किसी भाग में जो गरमी आती है वह पास के सन्नद्ध, जुड़े हुए भाग में प्रवेश करती है। इस भाग में से आगे के भाग में जाती है और इसी क्रम से अन्त के भाग तक पहुँच जाती है। अतएव स्पष्ट है कि परिचालन के लिए किसी ठोस पदार्थ की आवश्यकता है।

परन्तु चूल्हे में जो लकड़ी जलती है, उसका बाहरी सिरा ठंडा रहता है। यह क्यों? स्पष्ट है कि लोहा ताप का सुचालक है, (Conductor) और लकड़ी कुचालक (Non conductor)। इसी प्रकार जब गरम कढ़ाई हलवाई लोग भट्टी पर से उतारते हैं तो उसके कड़ों को कपड़े से पकड़ते हैं। क्योंकि कपड़ा भी ताप का कुचालक है।



चित्र ५७

तीन धातुओं के तीन पतली छुड़े लेकर एक साथ बाँध लो। तदनन्तर उन पर मोमकी मोटी तह चढाकर चित्र ५७ में दिखाई विधि से गरम करो। मोम के पिघलने से ज्ञात होगा कि इनमें से कौन धातु कैसी चालक है।

सरदी में कपडे क्यों पहनते है ?

प्रायः यह कहा जाता है कि ऊनी कपड़ा गरम होता है और सूती ठंडा। परन्तु यह कहने का फेर है। कहना यह चाहिये कि ऊनी कपड़ा कुचालक हैं और सूती कपड़ा उसकी अपेक्षतः सुचालक या कम कुचालक। सरदी के मौसम में शारीरिक ताप ठंडी हवा के स्पर्श से जल्दी जल्दी निकल कर बाहर फैलने का प्रयत्न करता है। इस क्रिया को रोकने के लिए कुचालक वस्त्रों का उपयोग करते हैं, जिसमें शरीर का ताप शरीर में ही रहे या बहुत कम निकले। सूती वस्त्र गरमी को बाहर निकलने से कम रोकते हैं, उनमें होकर ताप जल्दी परिचालित हो जाता है, परन्तु ऊनी वस्त्र ताप को नहीं जाने देते या बहुत धीरे धीरे जाने देते हैं।

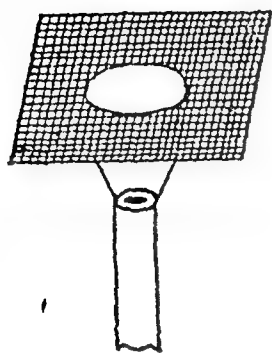
रूई क्यों धुनाई जाती है ?

रूई के धुनवाने के पश्चात् उसका आयतन बढ़ जाता है। उसके रेशों के बीच में हवा भर जाती है। यह हवा स्वयं कुचालक होती है अतएव रूई की कुचालकता बढ़ा देती है। पीछे से जब वह दब कर पिचक जाती है—उसके रेशों के बीच की हवा निकल जाती है—तब वह उतनी कुचालक नहीं रहती। इसी बात को साधारण बोल चाल में कहते हैं कि पुरानी रूई इतनी गरम नहीं होती।

ओस में पडे हुए लांहे और लकड़ी में अन्तर

रात के समय यदि एक लोहे का चिमटा और लकड़ी का टुकड़ा ओस में शीतकाल में छोड़ दिया जाय और सवेरे उनके उठाया जाय तो चिमटा लकड़ी की अपेक्षत अधिक ठंडा मालूम होगा। क्यों ? चिमटा सुचालक है। हाथ की गरमी शीघ्रता से खींचकर गरम होने लगता है। लकड़ी कुचालक है, अतएव हाथ की गरमी खींच नहीं पाती।

प्रयोग—एक गैस बरनर जलाओ। लोहे की जाली के टुकड़े से उसकी लौ दबाओ। लौ जाली में से पार कर के ऊपर न जायगी। हाँ, जब जाली देर तक गरम करने से लाल हो जायगी तो ऊपर भी लौ दिखाई पड़ने लगेगी।

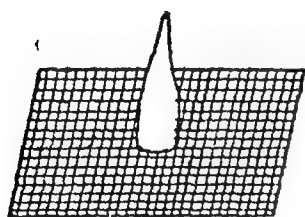


चित्र ५८

जलने लगेगी और पूरी लौ (कुछ जाली के नीचे और ऊपर) दिखाई देने लगेगी।

जाली के ऊपर भी बेजली गैस रहती है। यह बात जलती दिया सलाई जाली के ऊपर लाकर देख सकते हैं। जाली के ऊपर शीघ्र ही गैस

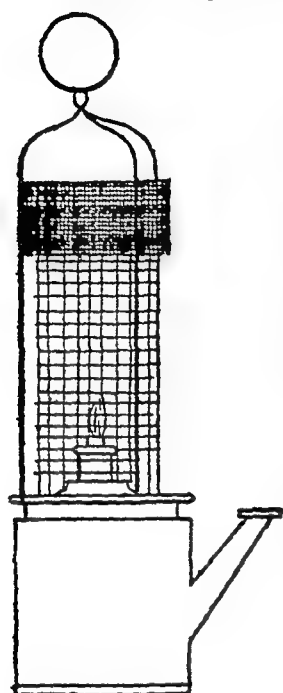
प्रयोग—इस बार बरनर को न जलाओ, बरनर के मुँह से दो अंगुल ऊपर जाली थाम कर जाली के ऊपर जलती दियासलाई दिखाओ। गैस जल उठेगी। जाली के नीचे, गैस होते हुए भी नहीं जलती। बहुत देर तक जाली गरम होने देने पर नीचे के गैस भी जल सकती है।



चित्र ५९

यहाँ पर यह प्रश्न है कि गैस रहते हुए भी पहले प्रयोग में जाली के ऊपर और दूसरे प्रयोग में जाली के नीचे नहीं जली? कारण है जाली

की सुचालकता। जो गरमी जाली तक पहुँचती है वह चारों ओर इस शीघ्रता से फैल जाती है कि ऊपर या नीचे की गैस पर्याप्त ताप नहीं पाती और नहीं जलती।



चित्र ६०

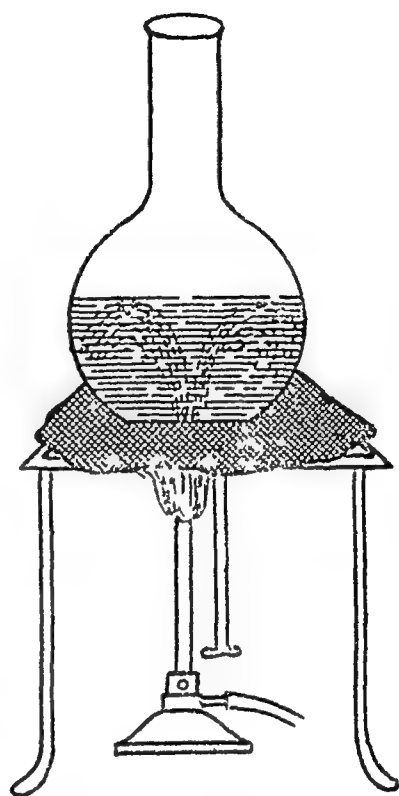
ऊपर दिये हुए प्रयोगों के सहारे (Davy's Safety lamp) डेवी ने अपना रक्षक दीप बनाया। यह एक मामूली लालटेन होती है परन्तु चारों ओर से जाली से ढकी रहती है। अतएव कदाचित् इस लेम्प के चारों ओर कोई जलने वाली गैस छोड़ दी जाय तो उस गैस का कुछ अंश जाली में घुस कर उसके अन्दर जलने लगेगा। बत्ती की लौ बढकर बड़ी होने लगेगी और सम्भव है कि पूरी जाली की चिमनी को भर दे, परन्तु बाहर की गैस पर कोई प्रभाव नहीं पड़ेगा।

पुराने जमाने में कायलों की खदानों में प्रस्तरों में से जलने वाली गैसें कभी कभी सहसा निकलने लगती थीं तो साधारण लेम्पों के रहने से जल उठती थीं और बड़े जोर का धड़ाका (Explosion) होने से दुर्घटनाएँ हो जाती थीं, परन्तु डेवी के लेम्प के प्रयोग से ज्वलनशील गैसों की उपस्थिति शीघ्र ही मालूम हो जाती थी और मजदूर लोग लेम्पों को बुझाकर खदान से बाहर निकल आते थे।

परिवाहन

ठोस पदार्थों के अवयवों, अंगों, के पारस्परिक स्थान उत्तम होने से नहीं बदलते। परन्तु द्रवों और गैसों में यह कठिनाई नहीं है। किसी द्रव या गैस का कोई अंश उत्तम होकर प्रसरित हो जाता है तो हलका पड़ने से ऊपर की ओर गति करने लगता है। उसके स्थान पर ऊपर के और आसपास के ठंडे पर भारी अंश नीचे की तरफ चलने लगते हैं। अतएव ठोसों में तो गरम भाग पासके भागों को अपना ताप निरन्तर पहुँचाते रहते हैं, परन्तु अपना स्थान नहीं छोड़ते, द्रवों और गैसों में उत्तम अंश स्वयम् स्थानान्तर करके ताप को फैलाते हैं।

प्रयोग—एक फ्लास्क में पानी भर कर लोहे की तिपाई पर जाली बिछाकर रख दो। उसमें परमेगनेट के दो तीन छोटे छोटे रवे धीरे से छोड़ दो और नीचे से गरम करो। देखोगे कि तलैटी का जल गरम होकर ऊपर की ओर जिधर जायगा उधर उसकी गति विधि का रंग के रवों के अश धुलकर दिखा देगे।



चित्र ६१

प्रयोग—एक अंगीठी में कोयले सुलगाकर किसी दीवार के सहारे धूप में रख दो। कोयलों में धुआँ न निकलती हो। दीवार पर गैस के अशों का उतार चढ़ाव स्पष्ट दिखाई देगा।

विकिरण (Radiation)

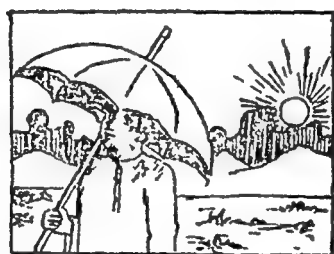
सूर्य से हम तक ताप कैसे पहुँचता है ! वायु-मण्डल प्रायः २०० मील से आगे नहीं है। उसके ऊपर शून्य है। इस शून्य में लाखों मील तक ताप कैसे आता है ?

दूर पर अंगीठी में कोयले जल रहे हैं। उनकी गरमी हम तक कैसे आती है ?

जिस क्रिया से दूरस्थ पिण्डों से गरमी हमारे पास आती है या चारों ओर फैलती है, उस क्रिया को विकिरण कहते हैं। ताप की तरंगें ईथर

नामक माध्यम में चलती हैं और वह प्रकाश किरणों की नाईं वर्तन, परावर्तन, आदि सभी बातें प्रदर्शित करती हैं।

सूर्य के ताप से बचने के लिए छाता काम में लाते हैं और भट्टी की तपत् से बचने के लिए बीच में दफती आदि लगा लेते हैं। इन बातों से स्पष्ट होता है कि जो ताप आ रहा है वह वायु को उत्तप्त नहीं करता, यदि करता होता तो वायु तो छाते के दाएँ बाएँ सभी तरफ है, अतएव उसके हलके से परदे से हमारी बचत न होती। बीच में दफती लगा देने से ताप का आना रुक जाता है, इससे यह भी सिद्ध होता है कि प्रकाश की नाईं ताप की भी सरल रेखात्मक गति होती है।



चित्र ६२

विकिरित ताप ठोस पदार्थों पर पड़ कर साधारण ताप का रूप धारण करके अन्य पदार्थों को गरम करता है। यही कारण है कि गरम हवा चलने के पहले पृथ्वी उत्तप्त हो जाती है। उत्तप्त पृथ्वी के सम्पर्क से वायु गरम होती है। जो गरमी पृथ्वी से निकलती है वह परिवाहन द्वारा ऊपर तक पहुँचती है, परन्तु यदि हवा में पानी की वाष्प अधिक हुई या बादल हुए तो यह गरमी रुक जाती है। यह कारण है कि मेघ शून्य रात्रि अधिक ठंडी होती है। घोर शीतकाल में भी जिस दिन बदली हो जाती है, उस दिन इतनी सरदी नहीं लगती।

वायु मण्डल (और उसमें भी विशेषतः कर्बनद्विआयु तथा जल

वाष्प) वस्तुतः भूमण्डल का दुशाला है, जो उसे गरम रखता है । चन्द्रमा आदि मे दिन और रात के तापक्रमों मे बड़ा अन्तर रहता है ।

ज्या चमकती हुई साफ पतीली में पानी जल्दी गरम होगा ? किसी साफ मजी हुई चमकती हुई देगची मे पानी गरम कीजिये और देखिये कितनी देर मे 50° श तक तापक्रम बढ़ता है । तदनन्तर उसी देगची पर कुछ कालिख जमा कर उतना ही पानी बंवे से भर कर उसी वरनर पर गरम करो । देखोगे कि पानी का तापक्रम 50° श तक शीघ्र बढ जाता है । कारण यह है कि चमकता हुआ पतीली का तल गरमी का परावर्तन करता है, जिससे बहुत कम गरमी पतीली मे प्रवेश कर पाती है । पतीली की धुंधला या मैली सतह गरमी का अधिक शोषण करती है ।

इसी प्रकार चमकती स्वच्छ पतीली मे गरम पानी रख कर देखो कि देर में ठंडा होगा । मैली सतह वाली पतीली मे शीघ्र ही ठंडा हो जायगा । कारण कि भीतर से निकलने वाली गरमी को चमकती सतह भीतर ही की तरफ परावर्तित कर देती है ।

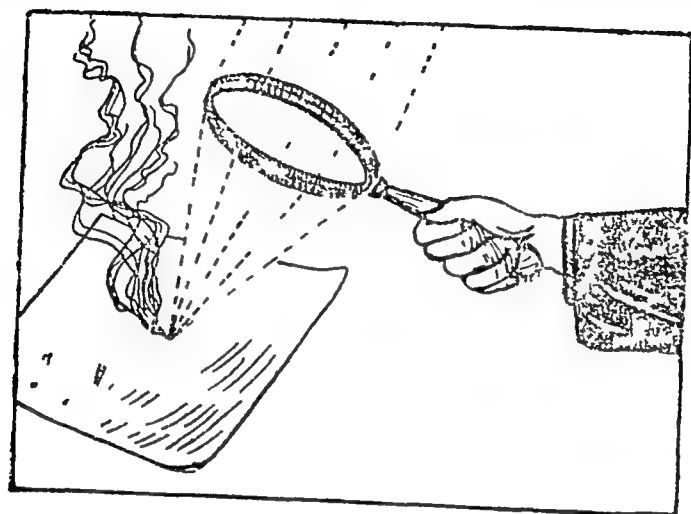
इस लिए अच्छा शोषक (Absorber) पदार्थ अच्छा विकिरणकर्ता (Radiator) भी होता है ।

ताप का परावर्तन और वर्तन

१६१० ई० की प्रयाग की प्रदर्शनी मे स्वर्गीय प० श्रीकृष्ण जोशी ने “भानुताप” नाम का यंत्र दिखाया था । उसमे आठ दस हाथ अर्द्ध-व्यास का एक नतोदर दर्पण काच की पट्टियाँ एक फ्रेम मे लगाकर बनाया था । उन सबपर प्रकाश किरणो गिर कर परावर्तित होकर एक स्थान पर केन्द्रीभूत होती थी । उस केन्द्र में इतनी गरमी पैदा हो जाती थी कि दो मिनट में सीसा पिघलाया जा सकता था । विदेशों मे यह प्रयत्न हो रहा है कि सूर्य के ताप से इस प्रकार का काम लिया जाय ।

इस प्रयोग से स्पष्ट है कि ताप भी प्रकाश के साथ साथ परावर्तित होता है ।

आतशी शीशे से जहाँ सूर्य के प्रकाश को वर्तन द्वारा केन्द्रीभूत कर देते हैं तहाँ सूर्य के ताप को भी एकत्रित करते हैं। अतएव यदि किसी उन्नतोदर



चित्र ६३

ताल (Convex lens) द्वारा सूर्य रश्मियों को एक स्थान पर केन्द्रीभूत किया जाय और वहाँ काला कपड़ा रख दिया जाय तो शीघ्र जल उठेगा।

गरमी में काले कपड़े क्यों नहीं पहनते ?

काला तल ताप का अच्छा शोषक होता है, अतएव गरमी के दिनों में काले कपड़े पहन कर धूप में चलने में कष्ट होता है। जाड़े में पतला सा भी काला कपड़ा पहन कर धूप में चलने में सरदी न लगेगी।

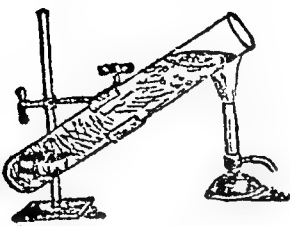
पतीली में खाना एकाने के पहले यदि राख की बहुत हलकी तह पोत दी जाय तो उसमें खाना भी जलदी बनेगा और बाद में उसको साफ करने में भी सुविधा होगी।

पानी सुचालक है या कुचालक ?

पानी में ताप परिवाहन द्वारा फैलता है। यदि परिवाहन रोक दिया जाय तो देखोगे कि ताप का संचालन प्रायः नहीं होता।

पानी का एक विशेष गुण

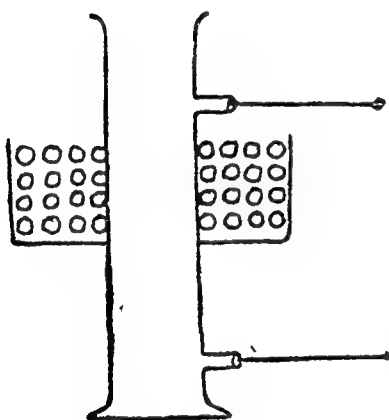
प्रयोग— एक काच की नली में आधा पानी भरें, और एक बरफ का टुकड़ा किसी तार में बाँध कर नली की तलेटी में रख दो। तदनन्तर नली को कुछ टेढ़ा करके पानी के ऊपरी हिस्से को बरनर से गरम करो। ऊपर पानी खौलने लगेगा। परन्तु बरफ न गलेगी। यहाँ पानी के ऊपरी भाग को गरम करने से परिवाहक धाराएँ नहीं उत्पन्न हो सकती। अतएव गरमी केवल परिचालन से जा सकती है। प्रयोग से स्पष्ट है कि परिचालन नहीं होता।



चित्र ६४

पानी का एक विशेष गुण

जब बड़े कड़ाके की सरदी पड़ती है तो पानी जमने लगता है। परन्तु



चित्र ६५

देखा यह जाता है कि तालाबों और नदियों में केवल ऊपर की तह ही जम कर बरफ में बदल जाती है, नीचे पानी ही रहता है। कारण यह है कि ऊपर से पानी ठंडा होकर भारी हो जाता है और नीचे की तरफ उतरने लगता है। नीचे का गरम, पर हलका, पानी ऊपर की ओर उठता है। इस प्रकार परिवाहक धाराएँ उत्पन्न हो जाती हैं। यह क्रम

४°श तक जारी रहता है। इसके पश्चात्

यदि ऊपर का पानी और ठंडा होता है तो फैलता है और उसका घनत्व कम हो जाता है। अतएव वह नीचे की ओर गति नहीं कर पाता, ऊपर ही बना रहता है—यहाँ तक कि उसका तापक्रम ०°श तक पहुँच जाता है और तदनन्तर वह बरफ में भी परिणत हो जाता है।

याद रखना चाहिये कि ठंडा होने पर पानी का घनत्व बढ़ता है, ४°श पर घनत्व सब से अधिक होता है और तदनन्तर फिर घटने लगता है।

इस प्रकार तालाबों के नीचे भाग का तापक्रम 4°C रहता है जब कि ऊपरी भाग में वरफ जम जाती है। इस विधान से विधाता ने मछली आदि जल जन्तुओं की घोर शीत काल में भी रक्षा का प्रवध कर दिया है। यह जीव पानी में धुली हुई ओषजन से ही अपना गुजर कर लेते हैं।

प्रयोग—इस यत्र में वरफ से ठडा किया हुआ पानी जिसका तापक्रम लगभग 10°C हो भर दो। बीच की पेटी में नमक तथा वरफ का मिश्रण भर दो। देखोगे कि पानी ठडा होता रहेगा यहाँ तक कि दोनों तापमापक 4°C तक उतर जायेंगे। इसके बाद ऊपर का तापमापक ही 4°C से 0°C तक उतरेगा। नीचे का 4°C पर स्थिर रहेगा। देखो चित्र ६५। यह प्रयोग होप ने पहले पहल किया था (Hope's Experiment)।

तेरहवाँ अध्याय

वायु की आर्द्रता

(Humidity)

पानी निरन्तर अनेक स्थलों से क्रमशः उड़ कर भाप में परिणत होता रहता है, यही कारण है कि वायु मडल में सदा जल-वाष्प विद्यमान रहती है।

गीले कपड़े क्यों सूखते हैं ?

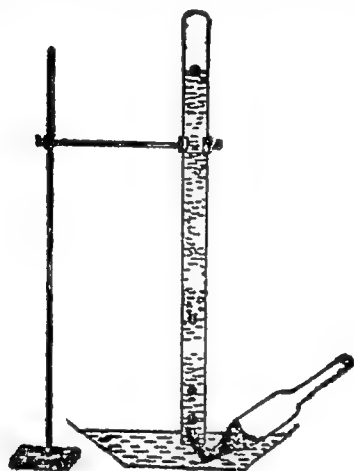
यद्यपि वायु में जल-वाष्प सदैव रहती है परन्तु वह इतनी नहीं होती कि वायु को संपृक्त (Saturated) कर दे। निरन्तर झड़ी लगी रहने पर ही खुले मैदान की वायु संपृक्त रहती है। झड़ी बन्द होने पर क्रमशः उसकी असंपृक्तता बढ़ती जाती है। इन बातों का पता गीले कपड़ों के सूखने की गति के निरीक्षण से चलता है।

वायु में जल-वाष्प का बड़ा महत्व है। हम बता चुके हैं कि हमारे पृथ्वी मडल के गरम रखने में जल-वाष्प कितनी सहायता देती है। इसके अतिरिक्त जल-वाष्प के विद्यमान रहने पर हमारे कल-कारखानों पर भी बड़ा प्रभाव पड़ता है। बारीक सूत का व्यवसाय पुराने समय में केवल बंगाल में ही होता था। कारण यह था कि वहाँ की वायु की आर्द्रता के कारण बारीक सूत (दो सौ या अधिक नम्बर का) काता जा सकता है। आर्द्रता कम होने पर यह सूत कातना असंभव हो जाता है, क्योंकि धागा टूटने लगता है। इसलिए यदि बारीक सूत कातने के कारखाने चलाने हों तो उनके अन्दर के वायु मण्डल में पर्याप्त आर्द्रता रहनी चाहिये।

वाष्प का दबाव

प्रयोग—एक साधारण वायु-भारमापक बना लो। उसमें किसी मुड़ी हुई पिपेट द्वारा पानी की कुछ बूँदे चढाओ। देखोगे कि बूँदे पारे के ऊपर

तल पर पहुँच कर भाप में बदल जाती हैं, साथ ही पारदस्तंभ कुछ उतर आता है। इस प्रकार पानी की बूँदे क्रमशः चढ़ाते जाओ। पारा उतरता जायगा, परन्तु कुछ देर बाद पानी की बूँदे पारे के ऊपर तैरने लगेंगी अर्थात् उनका भाप में बदलना बन्द हो जायगा, साथ ही पारे का नीचे उतरना भी बन्द हो जायगा। जितना पारा नीचे उतरा उतना जल वाष्प का इस प्रयोग के तापक्रम पर संपृक्त (वाष्प का) दबाव हुआ।



चित्र ६६

प्रत्येक तरल पदार्थ का किसी भी निश्चित तापक्रम पर संपृक्त वाष्प-दबाव भी निश्चित परिमाण का होता है। अतएव अनेक तापक्रमों पर संपृक्त वाष्प-भार की सूची बना सकते हैं।

ओस बिन्दु (Dew-point)

किसी बीकर में पानी रखो। उसका तापक्रम देख लो। तदनन्तर बरफ के छोटे छोटे टुकड़े क्रमशः उसमें डालते जाओ और किसी छल्लेदार तार से हिला कर गलाते जाओ। जब पानी इतना ठंडा हो जाय कि बीकर के बाहर जल-वाष्प की पतली तह जम कर उसके तल को धुंधला कर दे तो तापक्रम नाप लो। तदनन्तर पानी को चलाते रहो और जब जल-वाष्प

की तह उड़ जाय तो फिर तापक्रम नाप लो। इन दोनों तापक्रमों का औसत निकाल लो। यह उस समय का जव प्रयोग किया है ओस बिन्दु (Dew point) होगा।

आर्द्रता

ओस बिन्दु तथा प्रयोग के तापक्रमों पर के जल-वाष्प के दबाव सूची में से देख लो। मान लो कि यह दबाव d_1 तथा d_2 है। तो $\frac{d_1}{d_2} \times 100$ आपेक्षिक आर्द्रता (Relative Humidity) कहलाती है। मान लो किसी दिन तापक्रम 24°C है और ओस बिन्दु 14°C है। सूची में दिया है कि जल-वाष्प का संपृक्त दबाव इन तापक्रमों पर क्रमशः २२ ३२ तथा ६ ८४ स० मी० (पारद) है।

$$\therefore \text{आपेक्षिक आर्द्रता} = \frac{6.84}{22.32} \times 100 = 30.6\%$$

$$\text{वस्तुतः आ० आर्द्रता} = \frac{\text{जल-वाष्प की मात्रा जो वायु में विद्यमान है}}{\text{जल-वाष्प की मात्रा जो संपृक्त वायु में हो सकती है।}}$$

$$= \frac{\text{जल-वाष्प का ओस बिंदु पर संपृक्त दबाव}}{\text{जल-वाष्प का प्रयोग के तापक्रम पर संपृक्त दबाव}}$$

जाड़े के दिनों में सवेरे मुँह में से भाप निकलती दिखाई पड़ती है। जल-वाष्प निकलती तो गरमी में भी है, परन्तु जाड़े में शरीर के निकलने पर संपृक्त हो जाती है और जो अधिक अंश होता है वह जल के अत्यन्त छोटे कणों का रूप धारण कर लेता है और दिखाई पड़ने लगता है।

जाड़े के दिनों में बच्चे अपनी स्लेटे भी इसी क्रिया से गीली करके साफ कर लेते हैं। खिड़कियों में लगे काचों पर भी जल वाष्प इसी प्रकार जम जाती है।

क्या आस ऊपर से गिरती है ?

प्रायः लोग समझते हैं कि जो सुन्दर आस कण फूलों की कोमल पखड़ियों पर मोती की आभा दिखाते हैं वह ऊपर से आस के रूप में गिर कर बने हैं । परन्तु वस्तुतः नीचे की गीली भूमि में से जो जल-वाष्प निकलती है वही ठंडे पत्तों पर आकर जम जाती है ।

बादल, वर्षा, ओला और बरफ

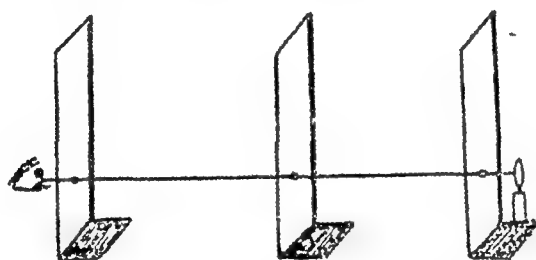
पृथ्वी तल से, तालाबों नालों, नदियों और समुद्रों के तल से जो जल-वाष्प निरन्तर उड़ती रहती है वह हलकी होने से ऊपर चढ़ती है । वायुमण्डल में ऊपर तापक्रम कम होता है, अतएव वहाँ पहुँच कर वह संपृक्त हो जाती है । संपृक्त करने भर से जो अधिक मात्रा बच रहती है वह अत्यन्त सूक्ष्म जल के कणों के रूप में बदल कर बादल का रूप धारण कर लेती है । अधिक बड़े कण बने तो बूंदों के रूप में टपक पड़ते हैं अर्थात् वर्षा होने लगती है ।

यही बूंदें यदि गिरते समय अत्यन्त ठंडे प्रदेश में होकर निकलती हैं तो जमकर हिमकण का रूप धारण कर लेती हैं । तब ओले गिरने लगते हैं । यह ओले उतरते समय एक दूसरे से टकरा कर बड़े हो जाते हैं और कभी कभी बरफ की सिले जम जाती हैं ।

चौदहवाँ अध्याय

प्रकाश (Light) की गति, छाया और ग्रहण

एक मोमबत्ती जलाकर मेजपर रखो। तीन दफतियाँ लेकर उनमें सूजे से छेद करलो। पहली दफती को मेज पर इस प्रकार स्टेड में लगा कर खड़ा करो कि उसका छेद बत्ती की लौ के मध्य भाग के बराबर ऊँचा हो और उसमें से लौ साफ साफ सीधी दिखाई देती हो। अब एक दूसरे स्टेड में दूसरी दफती लगा कर खड़ी कर दो। इसके छेद में से पहली दफती के छेद तथा बत्ती की लौ को देखने का प्रयत्न करो। देखोगे कि

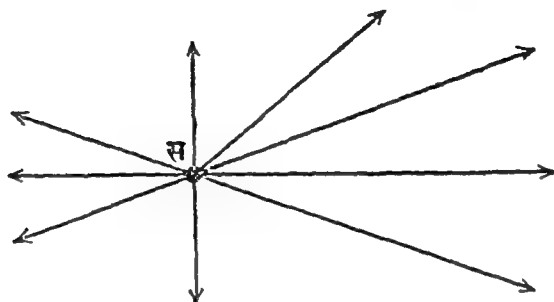


चित्र ६७

जब तक यह छिद्र पहले छिद्र और लौ को मिलाने वाली रेखा पर न होगा, लौ न दिखाई पड़ेगी। स्पष्ट है कि प्रकाश सीधी रेखा में प्रसार करता है। जो किरण लौ में से निकल कर पहले छिद्र तक एक निश्चित दिशा में जा रही थी वह उसी दिशा में निरन्तर चलेगी। तीसरी दफती खड़ी करके आगे के मार्ग के सम्बन्ध में भी यह बात पायी जायेगी।

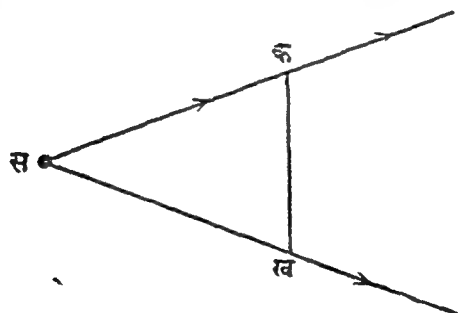
प्रकाश स्रोत के प्रत्येक बिन्दु से अनेक किरणें चारों ओर प्रसरित होती हैं, परन्तु किसी बिन्दु से चलने वाली कोई भी किरण अपने सीधे मार्ग पर चलती रहती है। जिस पदार्थ में प्रकाश फैलता है उसके माध्यम कहते हैं (Medium)। यदि माध्यम के भौतिक गुण तथा बनावट

सर्वत्र एक से ही हैं तो प्रकाश का सरल रेखा गमन का सिद्धान्त (Rectilinear propagation of light) पक्का निकलेगा । यदि एक माध्यम से प्रकाश दूसरे माध्यम में जायगा तो उसका मार्ग प्रवेश बिन्दु पर बदल जायगा, किन्तु दूसरे माध्यम में फिर सीधा रेखात्मक होगा ।



चित्र ६८

मान लीजिये कि आपके पास प्रकाश का एक बिन्दु स्रोत स है (Point source of light) इसमें से प्रकाश किरणों के रूप में चारों ओर फैलता है । यदि कोई वस्तु क ख इसके सामने आ पड़े तो क, ख को स्पर्श करती हुई किरणों की बीच की किरणें उससे रुक जायेंगी और

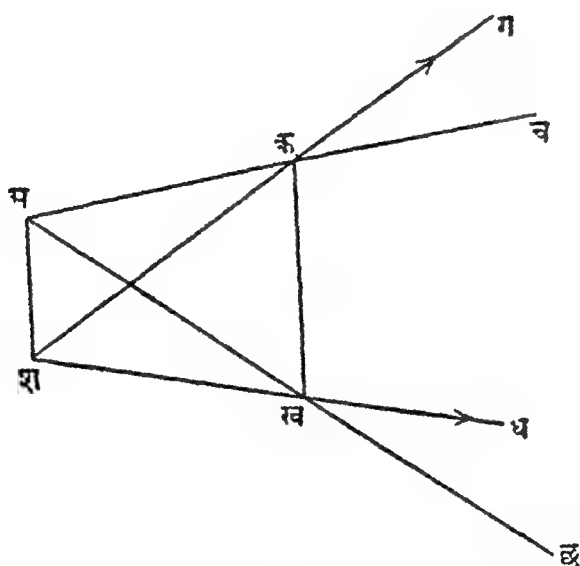


चित्र ६९

स क ख त्रिभुज के भुजों के बीच का स्थान क ख के पीछे प्रकाश शून्य होगा अर्थात् क ख ग घ क्षेत्र अन्धकारमय होगा । इसी को छाया (Shadow) कहते हैं ।

यदि प्रकाश स्रोत बड़े आकार का हुआ तो अवस्था कुछ भिन्न होगी।

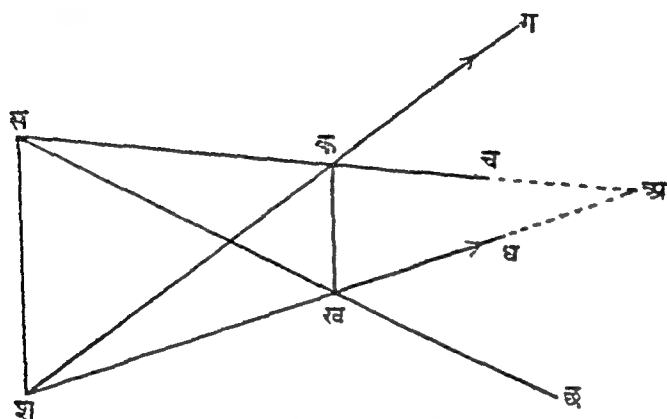
मान लो प्रकाश स्रोत सश है। श बिन्दु से जो किरणें निकलती हैं वह क ख ग घ क्षेत्र में नहीं पहुँच सकतीं इसी प्रकार स से निकलने वाली किरणें क ख च छ क्षेत्र में नहीं पहुँच सकतीं। स्पष्ट है कि क ख च घ क्षेत्र में प्रकाश न स से और न श से पहुँच पाता है और इसीलिए सश के किसी भी भाग से वहाँ प्रकाश न पहुँच सकने के कारण कखघच में पूर्ण अंधकार होगा। यह क्षेत्र पूर्ण अंधकार का क्षेत्र अथवा प्रच्छाया (Umbra) कहलाता है। इस क्षेत्र में खड़े मनुष्य को सश का कोई भाग न दिखाई पड़ेगा। ध्यान रहे कि यहाँ यह क्षेत्र आगे को बढ़ता चला जा रहा है।



चित्र ७०

क ग च क्षेत्र में श से किरणें नहीं पहुँचती परन्तु अन्य भागों से प्रकाश पहुँचता है। इसलिए क ग च क्षेत्र को अर्ध अंधकार का क्षेत्र अथवा उपच्छाया (Penumbra) कहते हैं इसी भाँति ध ख छ भी पेनम्ब्रा है।

यदि प्रकाश स्रोत क ख से बड़ा होगा तो पूर्णान्धकार क्षेत्र क ख से चलकर सकुचित होता चला जायगा। अ इस क्षेत्र का अन्तिम बिन्दु होगा।



चित्र ७१

सूर्य ग्रहण

सूर्य ग्रहण पडने का कारण सूर्य और पृथ्वी के बीच में चन्द्रमा का आ जाना है। सूर्य बहुत बड़ा है, अतएव चन्द्रमा की छाया ऊपर दिखाई गई विधि से पड़ती है। यदि पृथ्वी पूर्णान्धकार क्षेत्र में से निकली तो खग्रास दिखाई पड़ेगा अन्यथा कुछ हिस्सा अदृश्य होगा।

चन्द्र ग्रहण

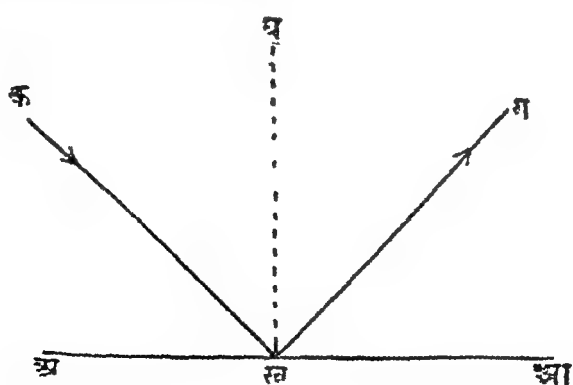
चन्द्र ग्रहण तब पड़ता है जब पृथ्वी चन्द्र और सूर्य के बीच आ जाती है और उस की छाया चन्द्रमा पर पड़ती है।

पन्द्रहवाँ अध्याय

परावर्तन तथा समतल दर्पण

प्रकाश शास्त्र की दृष्टि से पदार्थ तीन प्रकार के होते हैं। पारदर्शक (Transparent) अपारदर्शक (Opaque) और धुन्धले (Translucent)।

जब कभी प्रकाश-किरण किसी वस्तु के तल पर पड़ती हैं तो उनमें से कुछ तो वायु मण्डल में ही वापस लौट जाती हैं। इस क्रिया को परावर्तन (Reflection) कहते हैं। तल जितना घुटा हुआ, पालिश किया हुआ होगा उतना ही अच्छा परावर्तन होगा। यदि तल के नीचे का पदार्थ पारदर्शक हुआ तो उसमें कुछ प्रकाश प्रवेश कर जाता है। आदर्श पारदर्शक पदार्थ अप्राप्य है। तह की मोटाई के अनुसार पदार्थ पारदर्शक अथवा अर्ध पारदर्शक या धुन्धले होते हैं। २ या ३ फुट गहरा पानी पारदर्शक होगा परन्तु ५ या ६ फुट गहरा पानी अर्ध पारदर्शक होगा। इससे अधिक गहरा अपारदर्शक होगा।



चित्र ७२

किसी अँधेरे कमरे में सूर्य का कोई किरण समूह प्रवेश कर रहा हो तो उसका मार्ग वायु में के त्रसरेणुओं के कारण दृष्टिगोचर होगा। इस किरण

समूह को किसी दर्पण पर गिराकर प्रतिफलन होने दो। तुम देखोगे कि जिस स्थान पर प्रकाश गिर रहा है, उस पर यदि दर्पण के तल का लम्ब खींचे (Normal at the point of incidence) तो लम्ब के एक ओर आगुन्तक किरणें होगी और दूसरी ओर परावर्तित किरणें।

क ख—आपतित किरण है। (Incident ray)

ख ग—परावर्तित ,, ,, (Reflected)

घ ख - लम्ब है (Normal)

अ आ दर्पण का परावर्तन तल है (Reflecting surface)

\angle क ख घ = आपतन कोण।

\angle ग ख घ = परावर्तन कोण

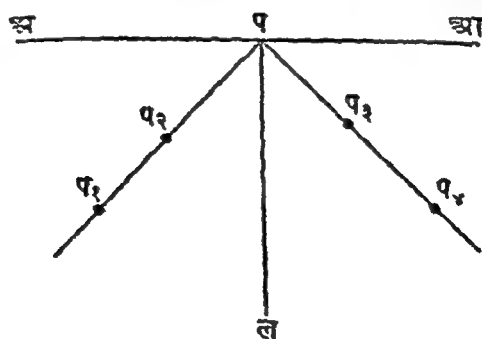
यदि यह कोण नापे जावे तो बराबर पाये जायगे। क ख, ख ग, ख घ, रेखाएँ भी एक तल में (Plane) विद्यमान मिलेंगी।

परावर्तन के नियम

(१) आपतित किरणें, परावर्तित किरणें और पतन बिन्दु पर का लम्ब एक तल में विद्यमान रहते हैं।

(२) पतन कोण और परावर्तन कोण बराबर होते हैं।

प्रयोग—एक दर्पण अ आ ड्राइंग बोर्ड पर किसी कागज़ पर खड़ा



चित्र ७३

कर लो। इसके तल की द्योतक एक रेखा कागज़ पर खींच दो। इसके

सामने कोई रेखा खींच कर उस पर दो पिन लगा दो । p_1 p_2 रेखा एक किरण का मार्ग प्रदर्शित करेगी । अब जहाँ p_1 p_2 रेखा दर्पण से मिलती हो उस स्थान पर लम्ब खींच लो और तब लम्ब की दूसरी ओर से दर्पण में देखते हुए एक पिन p_3 इस प्रकार गाड़ दो कि उसके पीछे p_1 और p_2 के प्रति विम्ब छिप जायें । फिर एक और पिन p_4 इस प्रकार गाड़ो कि p_3 तथा p_1 और p_2 के प्रतिविम्ब इसके पीछे हो जायें । p_3 p_4 के पद चिन्हों में से एक रेखा खींचो । यह रेखा दर्पण से उसी बिन्दु पर मिलेगी जहाँ p_1 p_2 रेखा मिलती है अर्थात् p पर । नाप कर देख लो कि p ल से दोनों रेखाएँ p_1 p_2 और p_3 p_4 बराबर कोण बनाती हैं ।

यहाँ p_1 p_2 आपतित किरण है और p_3 p_4 परावर्तित किरण ।

दर्पण का घूमना

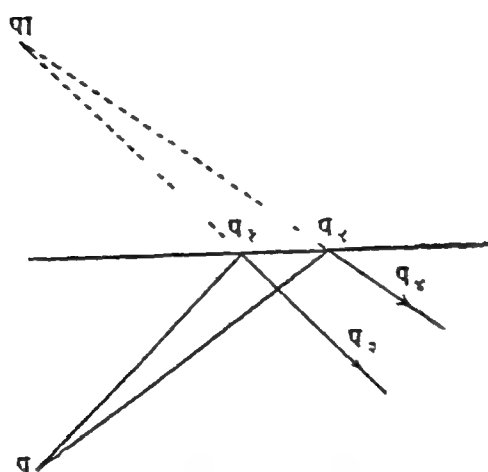
p_1 p_2 को अपने स्थानों पर रख कर दर्पण को १५ डिग्री घुमा दो । तदनन्तर परावर्तित किरण का मार्ग पूर्ववत् खींच लो । मान लो कि यह मार्ग p_3 p_4 है । p_3 p_4 तथा p_1 p_2 रेखाओं में ३० डिग्री का कोण मिलेगा । अतएव सिद्ध है कि आपतित किरण का मार्ग स्थिर रहने पर यदि दर्पण क डिग्री घुमा दिया जाय तो प्रति फलित किरण २ क डिग्री हट जायगी ।

यदि p_3 p_4 रेखा को स्थिर रखकर दर्पण घुमाया जाय तो मालूम होगा कि p_1 p_2 को हटाना पड़ेगा जिसमें कि परावर्तित किरण p_3 p_4 पूर्ववत् रहे । p_1 p_2 को दुगुनी डिग्रियाँ में हटाना होगा ।

प्रतिविम्ब (Image) कहाँ बनता है ?

अब दर्पण के सामने लम्ब से हटकर बाईं ओर p पिन गाड़ दो । अब दर्पण से सटे हुए p_1 p_2 दो पिन गाड़ दो । तब लम्ब की दाहिनी तरफ से देखकर एक पिन p_3 इस प्रकार गाड़ो कि p_3 p_1 रेखा पर p का प्रतिविम्ब दिखाई पड़े अथवा p_3 के पीछे p_1 तथा p का प्रतिविम्ब अदृश्य हो जायें । इसी प्रकार p_4 गाड़ो कि p_2

और P का प्रतिबिम्ब उसके पीछे छिप जायें। P_3, P_1 के और P_2, P_4 के पद चिन्हों में से रेखाएँ खींचो। स्पष्ट है कि P, P_1 और P, P_2



चित्र ७४

आपतन किरणों की परावर्तित किरणें P_1, P_3 और P_2, P_4 हैं। इन को पीछे की तरफ बढ़ाकर P_1 बिन्दु पर मिलने दो। P_1 ही P बिन्दु का प्रतिबिम्ब है।

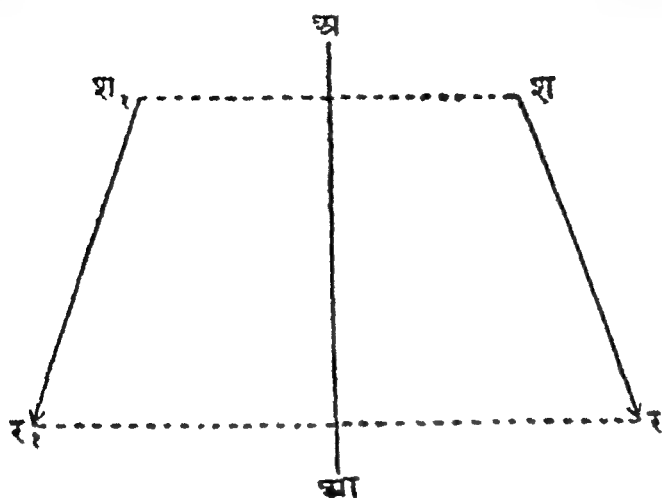
इसी प्रकार P से चलने वाली अन्य किरणों को खींचा जाय और उनकी परावर्तित रेखाएँ भी ज्ञात करली जायें तो वह भी पीछे की ओर बढ़ाने पर P_1 में जा मिलेगी।

अतएव सिद्ध हुआ कि P_1 ही P का प्रतिबिम्ब है, क्योंकि प्रति फलन के बाद P से चलने वाली सभी किरणें उससे आती हुई दृष्टिगोचर होती हैं। P और P_1 की दूरी दर्पण से बराबर होगी। P, P_1 रेखा दर्पण को समकोण पर काटती है। यहाँ प्रतिबिम्ब अवास्तविक या काल्पनिक (Virtual) है।

श र का प्रतिबिम्ब

मान लो कि दर्पण AB के सामने $श र$ वस्तु रखी है। $श$ और $र$

के प्रतिबिम्ब श_१ तथा र_१ होंगे। जहाँ श_१ और र_१ की दूरी दर्पण से



चित्र ७५

श और र की दूरी के बराबर होगी और श श_१ तथा र र_१ दर्पण से समकोण बनाती होंगी।

“३” का प्रतिबिम्ब

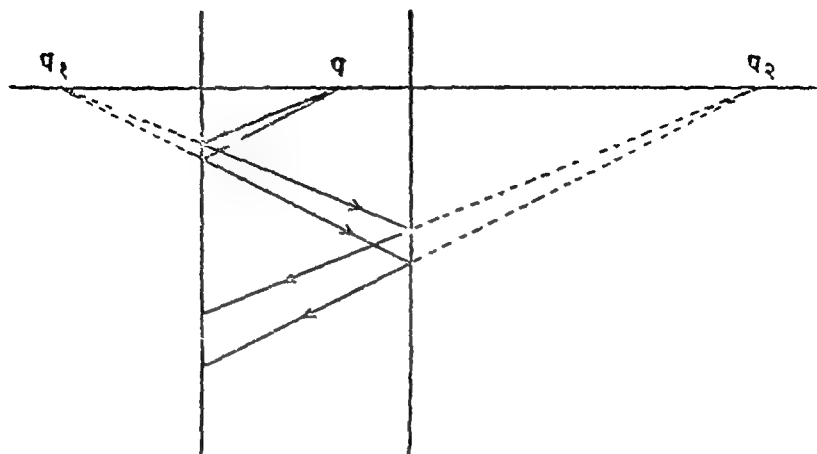
यदि दर्पण के सामने “३” का अंक दफती पर काट कर लम्बरूप रखा जाय तो दर्पण में “६” का अंक दीख पड़ेगा।

मनुष्य का प्रतिबिम्ब

यदि किसी दर्पण के सामने आप खड़े हो जायें तो आप का दहना अंग प्रतिबिम्ब का वार्या अंग बनेगा और वार्या दहना हो जायगा।

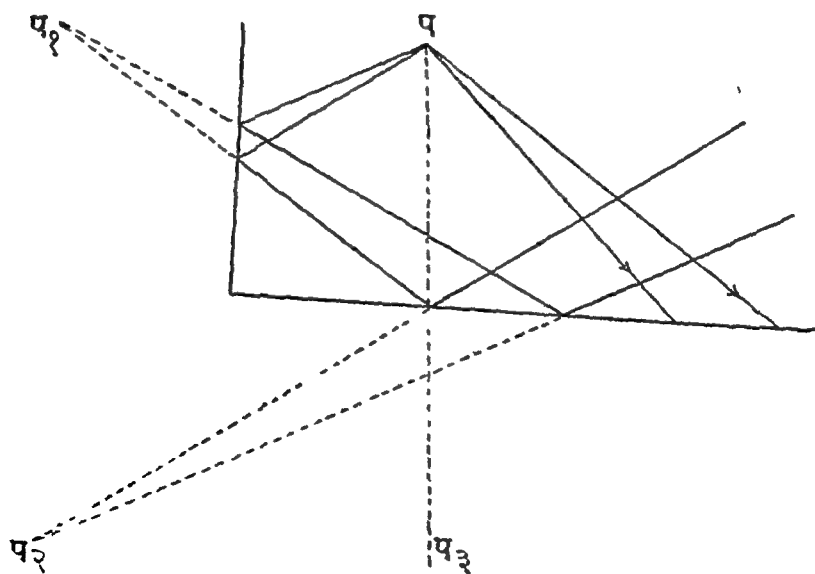
समानान्तर दर्पण

यदि दो समानान्तर दर्पणों के बीच कोई वस्तु रख दी जाय तो दोनों दर्पणों में उसमें अनेक प्रतिबिम्ब दिखाई पड़ेंगे। कारण यह है कि जोरें छोटा किरण समूह जो उस वस्तु में चल कर किसी दर्पण पर गिरता है वह वहाँ से प्रतिफलित होकर दूसरे पर गिरता है। दूसरे से प्रतिफलित होकर फिर पहले पर गिरता है। इस प्रकार अनेक बार ये किरणें इन दर्पणों पर गिरती हैं और प्रत्येक प्रतिफलन में एक प्रतिबिम्ब दिखाई



चित्र ७६

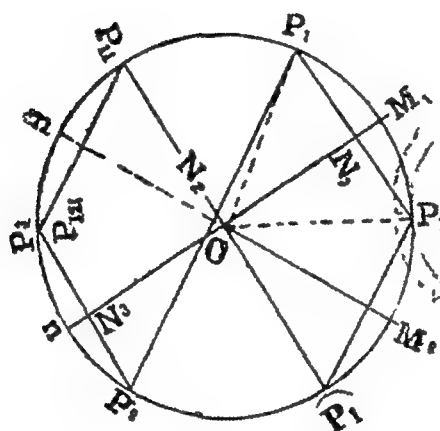
पड़ता है। यह सब प्रतिबिम्ब P से खींचे गये लम्ब पर स्थित दिखाई पड़ेंगे।



चित्र ७७

समकोण दर्पण

यदि दो दर्पण एक दूसरे से समकोण बनाकर रखे जायँ तो उनमें एक वस्तु के तीन प्रतिबिम्ब दिखाई देंगे जैसा चित्र में किरणों के मार्ग से दिखाया गया है। देखो चित्र ७७



चित्र ७८

भुके हुए दर्पण

यदि दो दर्पण OM_1 तथा OM_2 भुके हुए हों तो उनके बीच में रखी वस्तु के अनेक प्रतिबिम्ब बनेंगे। इनकी संख्या जानने का गुर यह है $\frac{360}{\theta} - 1 =$ प्रतिबिम्बों की संख्या, जहाँ θ वह कोण है जो दोनों दर्पण एक दूसरे के साथ बनाते हैं।

सोलहवाँ अध्याय

गोलीय दर्पण (Spherical mirrors)

अब तक हमने समतल दर्पणों पर से होने वाले परावर्तन का अध्ययन किया है। परन्तु परावर्तन सभी प्रकार के तलों से हो सकता है। अतएव दर्पण भी अनेक प्रकार के होते हैं। कलाई या पालिस किये हुए लोठों गिलासों या थालियों के तल भी एक प्रकार से दर्पण माने जा सकते हैं। उनमें बालक-गण अपनी अनेक प्रकार की आकृतियों देख देखकर कितने प्रसन्न होते हैं। दर्पण तल भेद से उन्नतोदर या नतोदर होते हैं। जब पालिश किया हुआ तल बाहर को उभरा रहता है तो दर्पण उन्नतोदर कहलाता है। यदि यह तल भीतर को दबा हुआ हो तो दर्पण नतोदर कहलाता है। इसी प्रकार तल किसी गोले से, दीर्घ वृत्त अथवा बलयाकार पिण्डों से काटकर बनाया जाय अथवा उनके एक भाग की आकृति का हो तो उस दर्पण को गोलीय, दीर्घ वृत्ताकार अथवा बलयाकार दर्पण कहते हैं। गोलीय दर्पण (नतोदर) हजामत बनाने के दर्पणों में काम आते हैं। इन दर्पणों में एक ओर समतल दर्पण और दूसरी ओर नतोदर गोलीय दर्पण लगा रहता है। समतल दर्पण में देखने से मुँह यथावत दीख पड़ता है। परन्तु नतोदर दर्पण में मुँह का प्रतिबिम्ब चाहे जितना बड़ा करके देखा जा सकता है। दीर्घ वृत्तीय अथवा बलयाकार दर्पण लालटेनों या लेम्पों में प्रकाश को दूर तक फेकने में काम आते हैं।

हम केवल गोलीय दर्पणों पर विचार करेंगे।

नतोदर गोलीय दर्पण

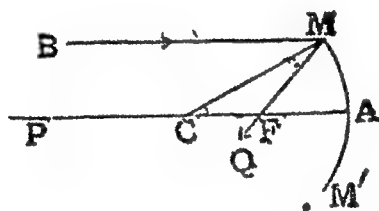
Concave (Spherical) Mirror

M A M' किसी नतोदर दर्पण का खाका है। इस दर्पण का अथवा उस गोले का केन्द्र, जिसको काटकर यह दर्पण बना हुआ माना जा सकता

नतोदर गोलीय दर्पणः ।

है C है । A इस दर्पण की पालिश की हुई सतह का मध्य बिन्दु (Pole) है । यदि A तथा C को मिलाकर एक रेखा खींची जाय तो वह इस दर्पण की मुख्य अक्ष (Principal Axis) होगी । गोलीय दर्पणों के तल पर से जो परावर्तन होता है वह भी परावर्तन के दोनों नियमों के अनुसार ही होता है ।

यदि कोई किरण B M जो अक्ष A C के समानान्तर है दर्पण पर गिरकर परावर्तित होती है तो वह परावर्तन के पश्चात् इस प्रकार मुड़ जायगी कि वह एक विशेष बिन्दु F में होकर निकलेगी । या यों समझिये कि जितनी किरणें अक्ष के समानान्तर चलकर परावर्तित होंगी वह परावर्तन होने के पश्चात् F बिन्दु में होकर जायगी । इस बिन्दु को दर्पण की नाभि (Focus) कहते हैं । नाभि A तथा C के ठीक मध्य में स्थित होती है ।



चित्र ७९

परावर्तन के नियमों के अनुसार आपतित तथा परावर्तित किरणें, पतन बिन्दु पर के लम्ब से बराबर कोण बनाती हैं । मान लो कि B M किरण परावर्तन से M F मार्ग ग्रहण कर लेती है तो कोण B M C = कोण C M F. परन्तु B M तथा A P समानान्तर हैं । इसलिए कोण B M C = कोण M C F ।

$$\therefore \angle M C F = \angle C M F \quad \therefore C F = F M.$$

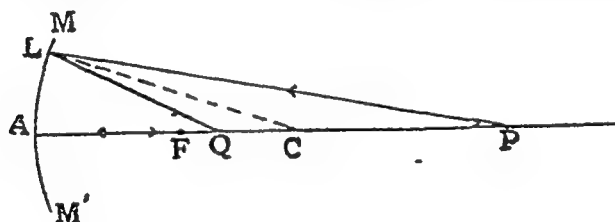
परन्तु यदि दर्पण की मुँह छोटा हुआ तो

$$F M = F A \quad \therefore C F = F M = F A$$

अथवा F रेखा C A का मध्य बिन्दु है। यदि अक्ष पर कोई दीप्त बिन्दु दर्पण से बहुत दूरी पर रखा जाय तो जो किरणें उससे आयेंगी वह समानान्तर होंगी अतएव परावर्तन के पश्चात् वह F पर एकत्रित हो जायेंगी। अर्थात् बहुत दूर के रखे हुए बिन्दु का प्रतिबिम्ब नाभि पर बनेगा।

अब मान लीजिये कि उक्त बिन्दु P हम दर्पण की ओर लाते हैं और केन्द्र से कुछ दूर पर रखते हैं। इस बिन्दु से चलने वाली अनेक किरणों में से दो किरणें P L तथा P A ले लीजिये।

L बिन्दु पर लम्ब होगा C L (क्योंकि वृत्त के किसी बिन्दु पर उस बिन्दु में से निकलने वाला अर्धव्यास ही लम्ब होता है) अतएव परावर्तित होकर P L का मार्ग L Q होगा। इधर P A किरण दर्पण पर लम्ब रूप टकरायेगी, अतएव अपने ही मार्ग पर लौट आयगी अर्थात् P Q लौटेगी A Q होकर। L Q तथा A Q आकर मिलेगी Q पर, अतएव Q को P का प्रतिबिम्ब मानेंगे। यह प्रतिबिम्ब F तथा C के मध्य में



चित्र ८०—नतोदर दर्पण से परावर्तन

होगा। यदि P को C की तरफ चलावे तो Q भी C की तरफ आयेगा। C पर जब P आ जायगा तो Q भी वही बनेगा। अर्थात् केन्द्र पर वस्तु और प्रतिबिम्ब का सम्मिलन होगा।

अब यदि P को C तथा F के बीच में ले आवे तो Q लाघ कर C की दूसरी तरफ चला जायगा। जब P चलकर F पर जा पहुँचेगा तो

Q दर्पण से बहुत दूर चला जायगा। P यदि F को पार कर जायगा तो प्रतिविम्ब दाहिनी ओर किसी स्थान पर न बनेगा अर्थात् किसी भी स्थान पर पर्दा रखकर उस पर दिखाया न जा सकेगा, वरन् दर्पण के भीतर (जैसा समतल दर्पणों में होता है) दिखाई पड़ेगा। पहले तो प्रतिविम्ब सच्चा या वास्तविक था (Real) परन्तु अब काल्पनिक या अवास्तविक (Virtual) हो गया।

प्रतिविम्ब का स्थान

Position of the image

प्रतिविम्ब का स्थान निकालने के लिए नीचे बताई हुई किरणों में से किन्हीं दो का उपयोग कर सकते हैं।

(१) किरण P A जो अक्ष के समानान्तर है परावर्तन के पश्चात् नाभि F में होकर जायगी।

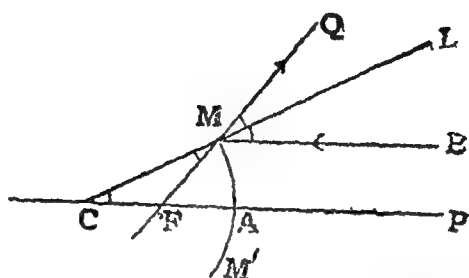
(२) किरण P C जो केन्द्र में होकर दर्पण को जाती है, वह परावर्तन होने के पश्चात् अपने मार्ग से ही लौट आवेगी।

(३) किरण P F परावर्तित होकर अक्ष के समानान्तर होकर लौटेगी।

इन्हीं आपतित तथा परावर्तित किरणों से नीचे के चित्र खींचे गये हैं।

उन्नतोदर दर्पण (Convex Mirrors)

उन्नतोदर दर्पण के विषय में भी वही सब बातें ठीक हैं जो नतोदर दर्पण में बतायी गई हैं। केवल इतना अन्तर है कि उसकी नाभि तथा प्रतिविम्ब सदैव काल्पनिक हैं। प्रतिविम्ब नाभि और मध्य बिन्दु के बीच में कहीं न कहीं दृष्टिगोचर होता है। जब दीप्त बिन्दु अनन्त दूरी पर होता है तो प्रतिविम्ब F पर दिखाई देगा। जब दीप्त बिन्दु मध्य बिन्दु के समीप होगा तो उसका प्रतिविम्ब भी वही दिखाई देगा।

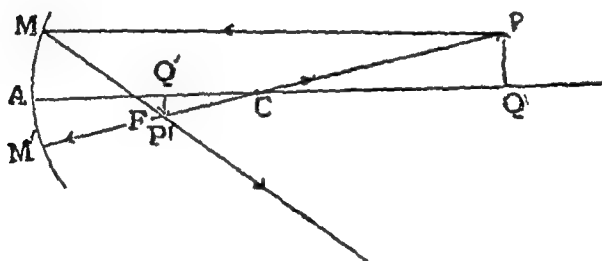


चित्र ८१—उन्नतोदर दर्पण से परावर्तन

प्रतिविम्ब का आकार नतोदर दर्पण में

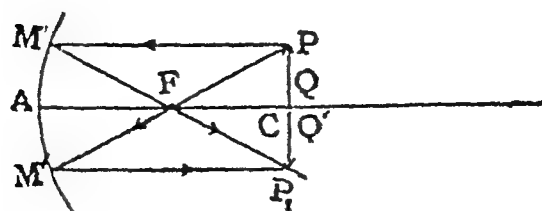
(१) जब दीप्त वस्तु अनन्त दूरी पर होती है तो प्रतिविम्ब छोटे आकार का, वास्तविक तथा उल्टा नाभि पर बनता है ।

(२) जब दीप्त वस्तु अनन्त से केन्द्र की तरफ चलती है तो प्रतिविम्ब नाभि से केन्द्र की तरफ चलता है । उसका आकार निरन्तर बढ़ता रहता है ।



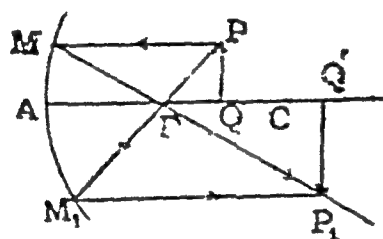
चित्र ८२

(३) केन्द्र पर दी० व० के पहुँचने पर प्रतिविम्ब पूर्ववत् उल्टा, वास्तविक, पर समान आकार का बनता है ।



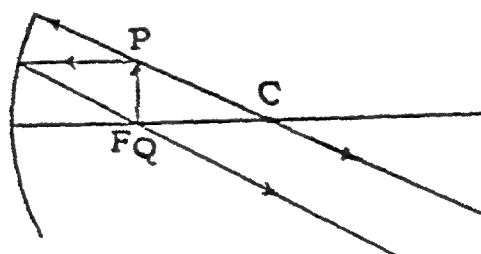
चित्र ८३

(४) जब दी० व० केन्द्र से नाभि की ओर चलती है। तो प्रतिबिम्ब उलटा, और वास्तविक होता है और उसका आकार निरन्तर बढ़ता जाता है।



चित्र ८४

(५) जब दी० व० नाभि पर पहुँच जाती है तो प्र० बि० बहुत बड़ा, उलटा और वास्तविक होता है और अनन्त पर बनता है।



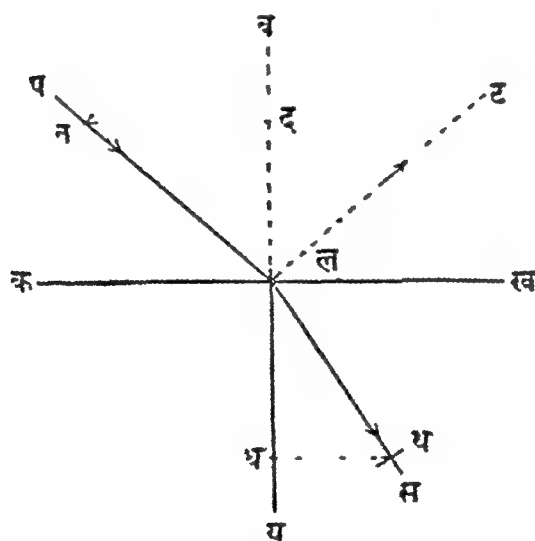
चित्र ८५

(६) नाभि से जब दी० व० मध्य बिन्दु की तरफ चलती है तो प्र० बि० काल्पनिक और खड़ा बनता है। वह अनन्त से म० बि० की तरफ चलता है।

सत्रहवाँ अध्याय

वर्तन

जब प्रकाश एक माध्यम से दूसरे माध्यम में प्रवेश करता है तो दोनों माध्यमों को विभाजित करने वाले तल पर उसका मार्ग कुछ हट जाता है। मान लो कि क ख तल के ऊपर वायु और नीचे काँच है। वायु में चलती हुई कोई किरण क ख से ल बिन्दु पर टकराती है। इसका कुछ अंश तो परावर्तित होकर वायु में लौट पड़ता है और कुछ अंश काँच में प्रवेश



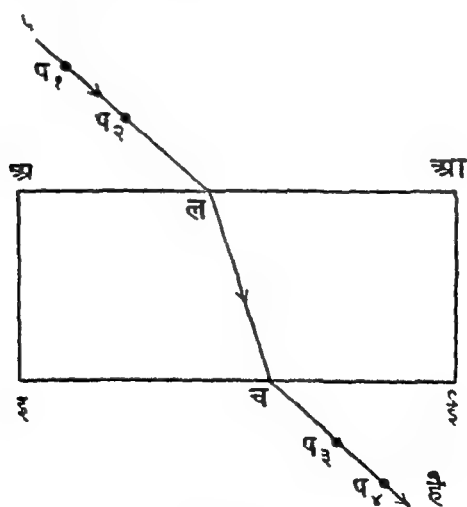
चित्र ८७

करता है। ल पर ल व लम्ब खींचो, ल ट किरण परावर्तन का परिणाम है और वायु में ही लौट जाती है। ल स किरण काँच में प्रवेश करेगी। यह क्रिया वर्तन कहलाती है। ल स लम्ब की ओर प ल की अपेक्षा कृत अधिक झुकी हुई है। कोण प ल व पतन कोण angle of incidence कहलाता है। कोण य ल स वर्तन कोण कहलाता है। यदि ल को केन्द्र

मान कर किसी भी अर्द्ध व्यास का कोई वृत्त खींचो। यह वृत्त प ल, ल स को त, थ बिन्दुओं पर काटेगा। त, थ से दो लम्ब च य पर गिराओ। प्रयोगों द्वारा पता चलेगा कि $\frac{त द}{थ घ}$ का मान सदैव एक सा रहता है। जब जब वायु में से प्रकाश का वर्तन काँच में होगा यह मान सदा एक सा रहेगा। इस मान को वर्तनीय सख्या कहते हैं।

यहाँ यह बतला देना परमावश्यक है कि काँच बहुत प्रकार के होते हैं। प्रत्येक प्रकार के काँच के लिए वर्तनीय सख्या भी जुदी होगी।

प्रयोग—अ आ इ ई एक काँच का आयताकार पटल है। इसको एक कागज़ के ऊपर किसी चित्र-पट्टी पर रख दो। प_१ प_२ दो पिन एक ओर गाड़ कर पटल की दूसरी ओर से इनको देखो। और प_३ प_४ दो पिन इस प्रकार गाड़ो कि प_३ के पीछे प_१, प_२ के प्रतिबिम्ब छिप जायें। और प_४ के पीछे यह तीनों भी छिप सकें।



चित्र ८८

प_१ प_२ आपतित किरण है, प_३ प_४ निर्गत किरण है। यह किरण

पटल से ल तथा च बिन्दुओं पर मिलती है अर्थात् काँच में ल पर प्रवेश करती है और च पर निकल आती है, अतएव काँच के भीतर प्रकाश का मार्ग ल च होना चाहिये। अतएव वर्तित किरण ल च हुई। अब पूर्ववत् वृत्त खींच कर वर्तनीय संख्या निकाल लो। p_1 , p_2 के स्थान बदल देने से प्रयोग कई बार करो और देखो कि वर्तनीय संख्या स्थिर (Constant) है।

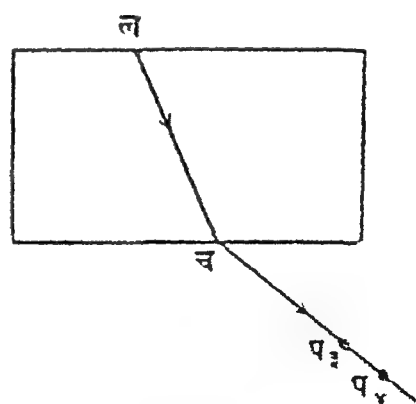
वर्तन के नियम

(१) जब एक माध्यम से दूसरे माध्यम में प्रकाश प्रवेश करता है तो आपतित किरण, पतन बिन्दु पर खींचा हुआ लम्ब तथा वर्तित किरण एक तल में पाये जाते हैं।

(२) पतन कोण और वर्तन कोण की ज्याओं का सम्यन्ध स्थिर रहता है जब तक कि माध्यम वही रहते हैं। [किसी कोण की ज्या = $\frac{\text{लम्ब}}{\text{कर्ण}}$; उपर्युक्त प्रयोग में कर्णों को बराबर कर दिया है। इसलिए लम्बों का अनुपात वही है जो कोणों के ज्याओं में होता]

प्रयोग—ऊपर का प्रयोग इस प्रकार भी किया जा सकता है अथवा

से सटा कर एक पिन ल गाड़ दो। अब पटल की दूसरे तरफ से देख कर p_1 , p_2 दो पिन गाड़ो जिसमें p_1 के पीछे ल का प्रतिरूप छिप जाय और p_2 के पीछे यह दोनों छिप जायें।



यहाँ ल च किरण काँच में चल कर च बिन्दु पर बाहर निकल आती है। इस बार किरण काँच से

चित्र ८६

वायु में आ रही है इसलिए च पर खींचे लम्ब में अधिक हट कर आयेगी। प्रकाश जब गुस्तर माध्यम में प्रवेश करता है तो लम्ब की ओर

उसका मार्ग झुक जाता है। जब गुरुतर माध्यम से हल्के माध्यम में प्रवेश करता है तो लम्ब से हट जाता है।

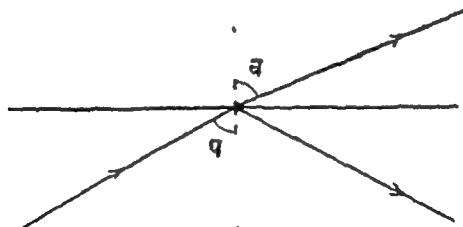
पहले वाले प्रयोग से यह ज्ञात होगा कि प ल और च ह किरणें समानान्तर हैं। दोनों प्रयोगों से यह ज्ञात होगा कि वायु से काँच में वर्तन के लिए जो वर्तनीय संख्या होती है वह काँच से वायु में वर्तन की वर्तनीय संख्या से उलटी होगी। जैसे यदि पहली संख्या १-५ है तो दूसरी संख्या $\frac{1}{5}$ अथवा ०.२ होगी।

द्रवों की वर्तनीय संख्या

यदि एक खोखला कुण्ड अथवा इ ई मिल जाय तो उसमें भरकर द्रवों की वर्तनीय संख्या निकाल सकते हैं।

पूर्ण प्रति फलन या परावर्तन

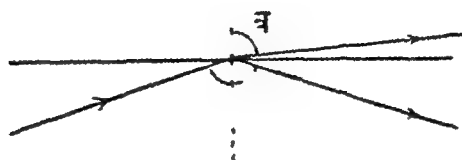
हम देख चुके हैं कि जब वायु में चलती हुई किरण काँच तल पर पहुँचती है तो अंशतः परावर्तित और अंशतः वर्तित होती है। अतएव पूर्ण प्रति फलन न होगा। अब थोड़ी देर के लिए अनुमान कर लीजिये



चित्र ६०

कि काँच में चलती हुई कोई किरण काँच के तल तक पहुँचती है। यहाँ भी अंशतः प्रति फलन और अंशतः वर्तन होगा। परन्तु ध्यान से देखिये पतन कोण p वर्तन कोण q से छोटा है। यदि p को क्रमशः बढ़ावे तो एक ऐसी स्थिति आ जायगी जिसमें q प्रायः ९० अंश का हो जायगा। (चित्र ६१) यदि q का मान इससे तनिक भी बढ़ जायगा तो वर्तन

होना बन्द हो जायगा, केवल परावर्तन होगा। अस्तु θ का यह मूल्य निपुण कोण (Critical angle) कहलाता है। यदि पतन कोण निपुण

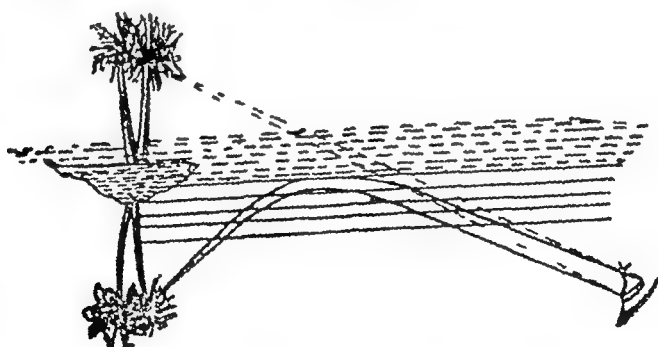


चित्र ६१

कोण से कम हुआ तो वर्तन और परावर्तन दोनों होंगे। यदि उससे अधिक हुआ तो केवल परावर्तन होगा। यह क्रिया पूर्ण परावर्तन कहलाती है। यह तभी सम्भव होती है जब प्रकाश किसी भारी माध्यम से हलके माध्यम में जा रहा हो।

मृगतृष्णा (Mirage)

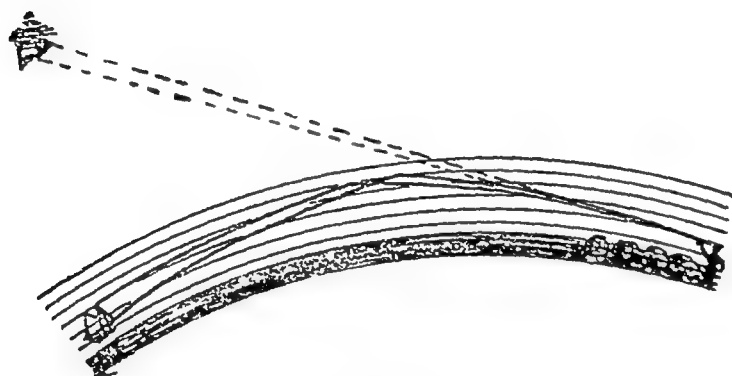
गरम रेतीले प्रदेशों में दूरस्थ पिण्डों की अथवा आकाश की उल्टी तसवीरे धरातल के नीचे दिखाई पड़ने लगती हैं, जिनसे यह भ्रम हो जाता है कि कोई जलाशय है, जिसमें यह प्रतिविम्ब पड़ रहे हैं।



चित्र ९२—मृगतृष्णा

वात यह है कि गरम रेत के सपर्क से वायु उत्तप्त होकर हलकी हो जाती है, परन्तु ऊपर की वायु का घनत्व अधिक रहता है। वस्तुतः पृथ्वी

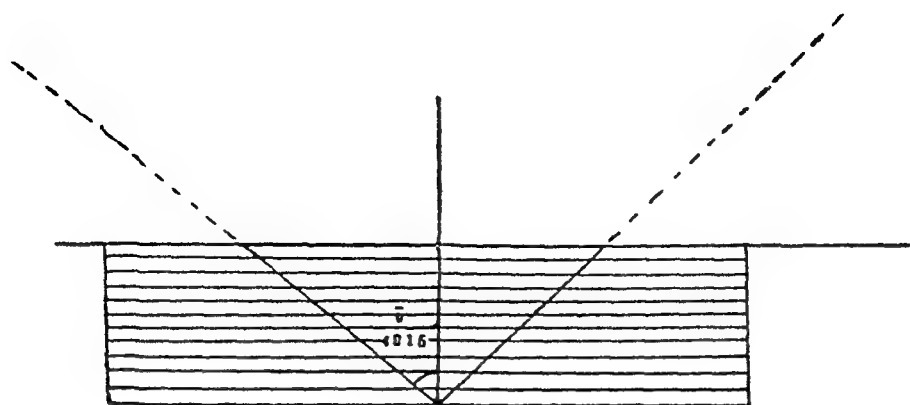
से ऊपर की ओर क्रमशः घनत्व कुछ दूर तक बढ़ता जाता है। इस प्रकार वस्तुतः हमें बढ़ते हुए घनत्व की हवा की तहें मिलती हैं। किसी दूरस्थ वृक्ष की चोटी से चलती हुई किरणें जब पृथ्वी की ओर अग्रसर होती हैं तो घने माध्यम से तरल तर माध्यम में प्रवेश करती हैं। प्रत्येक तरलतर तह पर, स्तर पर, किरणें लम्ब से हट जाती हैं और अन्त में किसी ऐसे प्रस्तर पर पहुँचती हैं जहाँ पूर्ण प्रतिफलन हो जाता है। तब यह किरणें ऊपर की ओर मुड़कर दर्शक तक पहुँचती हैं और उसको वृक्ष का उलटा प्रतिबिम्ब पृथ्वी में दिखाई पड़ता है। (देखो चित्र ६२)



चित्र ९३

वायुमण्डल में उलटे लटकते जहाज़

इससे उलटी क्रिया ध्रुव प्रदेशों के शीत प्रधान देशों में होती है। वहाँ क्षितिज के नीचे स्थित जहाजों से आने वाली किरणें पृथ्वी से सलग्न घनी भूत वायु के प्रस्तरों में चलकर ऊपर के तरलतर प्रस्तरों में प्रवेश करती हैं। किसी प्रस्तर विशेष पर पहुँच कर उनका पूर्ण प्रतिफलन होता है और दर्शक को जहाज़ वायुमण्डल में उलटा टगा दिखाई पड़ता है।



चित्र ६४

विश्व ९६° की सूची में बंद

यदि कोई मनुष्य पानी में डुबकी लगाकर ऊपर को आँखे करके खोले तो जल के तल पर स्थित पिंड उसको वायु में स्थिति दिखाई पड़ेंगे। यह सब एक सूची के अन्दर बंद होंगे जिसका कोण $९६^{\circ} ३०'$ होगा, क्योंकि पानी का निपुण कोण (Critical angle) $४८^{\circ} १५'$ है।

टूटे काँच की चमक

किसी खिड़की के काँच में यदि कोई दरार हो तो वह भी पूर्ण प्रति फलन से बड़ी चमकदार दिखाई पड़ेगी।

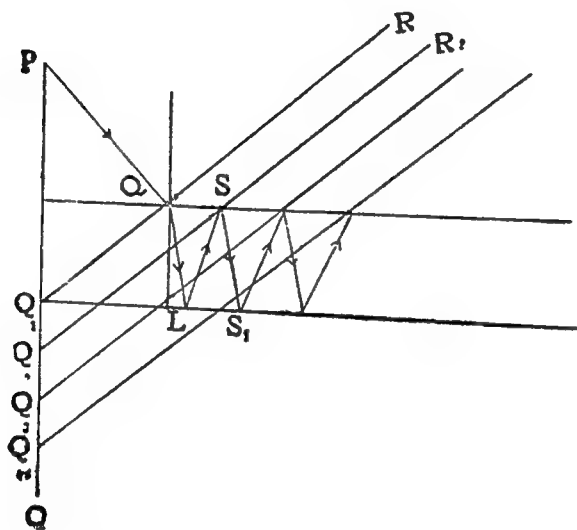
सायंकाल या प्रातः काल के समय इसी प्रकार खिड़कियों में लगे काँच बड़े चमकीले दिखाई पड़ते हैं।

हीरे की चमक दमक

हीरे की चमक दमक भी उसके तराशे जाने की चतुराई पर निर्भर है। उसका ऊपरी भाग काटकर उसमें ऐसे पहलू बनाये जाते हैं कि भीतर ही भीतर पूर्ण प्रति फलन हो और वह ज्योतिर्मय दिखाई पड़े। हीरे का निपुण कोण भी बहुत छोटा होता है, जिससे इस कार्य में बड़ी सहायता मिलती है।

मोटे दर्पण में प्रतिबिंब

मोटे काँच के दर्पणों में परावर्तन पिछले तल से होता है। अतएव अनेक प्रतिबिम्ब दिखाई पड़ते हैं, जैसा चित्र ६५ में दिखाया है। इनमें से दूसरा प्रतिबिंब अधिक प्रकाशमय दीखता है।



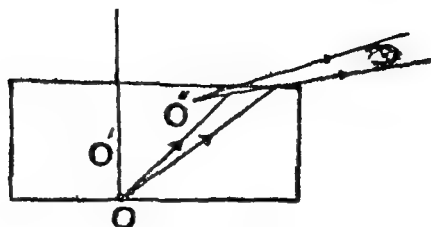
चित्र ६५—मोटे दर्पण में परावर्तन

P Q आपतित किरण है। Q पर पहुँचने पर इसमें से कुछ प्रकाश प्रतिफलन द्वारा Q R दिशा में जाता है। और Q_1 से आता दिखाई देता है। अधिकांश प्रकाश काँच में प्रवेश कर L पर से प्रतिफलित होता है और S पर पहुँच कर कुछ तो भीतर ही SS_1 मार्ग पर लौट जाता है और अधिकांश S R_1 मार्ग से बाहर निकल कर Q_2 से आता दिखाई पड़ता है। अतएव Q_2 बड़ा चमकीला प्रतिबिंब होगा। अन्य प्रतिबिंब Q_3, Q_4 आदि स्थानों पर दिखाई पड़ेंगे।

मोटे काँच में प्रति फलन

इस दशा में पहला प्रतिबिंब ही चमकदार होगा। दूसरा धुंधला।

अधिक प्रति बिंब न दीखेगे । परन्तु मोटे दर्पण में ५ या ६ प्रति बिंब सहज ही दिखाई दे जाते हैं ।



चित्र ६६

पानी में डूबी हुई चीज़ उठी हुई दिखाई देगी

यदि O पानी में डूबा है तो उससे चलने वाली किरणें पानी के बाहर आकर लम्ब से अलग हट जायेंगी और O' से आती दिखाई पड़ेंगी । अतएव O उठी हुई मालूम होगी । यही कारण है कि किसी छड़ी को पानी में तिरछा करके अशतः डुबोएँ तो डूबा हुआ भाग ऊपरी भाग से दूर कर ऊपर को मुड़ा दिखाई देगा ।

अठारहवाँ अध्याय

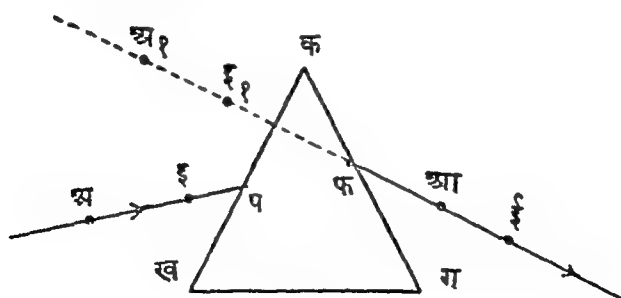
तिपहल, घर्ण विच्छेद और रंग

प्रयोग—कखग काँच का एक तिपहल किसी ड्राइंग बोर्ड पर इस प्रकार रखो कि तीनों तल ऊर्ध्व स्थिति में रहे। तब अइ दो आलपीन उसकी एक तरफ गाड़ कर दूसरे पार्श्व कग से उनके प्रतिबिम्ब देखो। पता चलेगा कि खग तल के पास आँख रखकर क की तरफ देखने से प्रतिबिम्ब दिखाई पड़ते हैं। आ ई दो आलपीन गाड़कर निकलने वाली, निर्गत, किरण का मार्ग निर्धारित कर लो। क ख ग की सीमा का भी उल्लेख करके तिपहल को हटा दो। अइ किरण कख तल पर प बिन्दु पर मिलती है और फ बिन्दु पर निकल कर आ ई दिशा में चलती है। अतएव कॉच के भीतर पफ मार्ग का अनुसरण करती है।

अतएव अइ—आपतित किरण है।

पफ—वर्तित किरण है।

आ ई—निर्गत " "

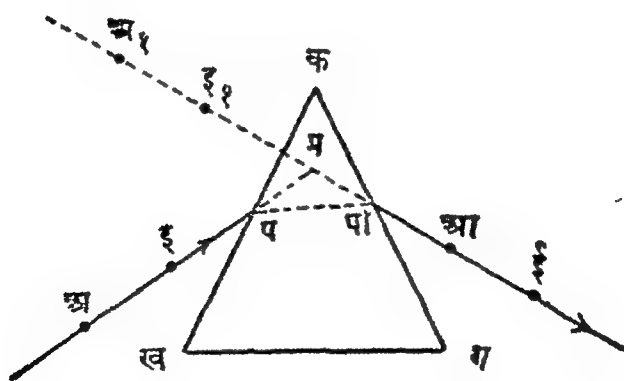


चित्र ६७

स्पष्ट है कि अ तथा इ के प्रतिबिम्ब अ, इ रेखा पर दिखाई पड़ते हैं। अइ तथा आ ई के बीच का कोण (Deviation) हटाव कहलाता है।

प्रयोग—अब तिपहल के पूर्ववत् रखकर उसे इस प्रकार घुमाओ कि क किनारा दाहिनी ओर सरके। साथ ही साथ आ ई रेखा पर आँख रखकर अ, इ, की ओर देखते रहे। ज्ञात होगा कि ज्यों ज्यों तिपहल घुमाया जा रहा है त्यों त्यों अ, इ, भी दहिनी तरफ चल रहे हैं और कुछ दूर तक दिखाई देकर दृष्टि के बाहर चले जाते हैं।

अब तिपहल के किनारे क को बाईं तरफ घुमाओ। अ, इ, फिर दृष्टि गोचर होंगे और बाईं तरफ चलेंगे। क के घुमाते रहने पर कुछ समय तक अ, इ, उतर कर अ इ की तरफ चलते हैं, तदनन्तर फिर ऊपर चढ़ने लगते हैं। जहाँ पर यह अपनी गति की दिशा बदले उस स्थान को सावधानी से जोंच लो और इस स्थान की निर्गत रेखा का मार्ग अंकित कर लो। इस स्थान पर हटाव न्यूनतम होता है। अतएव यह न्यूनतम हटाव की स्थिति (Position of minimum deviation) कहलाती है।



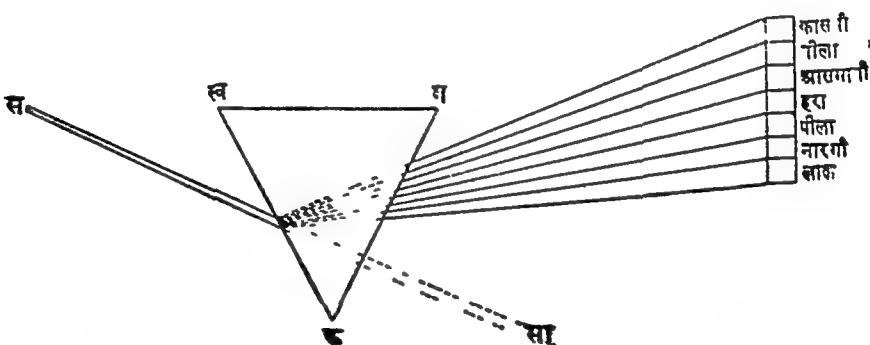
चित्र ६८

जब क दहिनी तरफ घुमाया जा रहा था, हटाव बढ़ता जाता था— यहाँ तक कि इतना ज्यादा हो गया कि प्रतिबिम्ब दिखाई न पड़ते थे। जब क बाईं ओर घुमाया गया तो हटाव कम होते होते न्यूनतम हो गया और तदनन्तर बढ़ने लगा।

१—न्यूनतम हटाव की स्थिति में अइ तथा आ ई (आपतित तथा निर्गत) किरणें तथा कग तलों से बराबर कोण बनाती हैं । अर्थात् इन तलों की तरफ दोनों का झुकाव बराबर रहता है ।

२—अइ रेखा भी आधार खग की तरफ झुकी है और निर्गत रेखा भी । अर्थात् तिपहल के मोटे भाग की ओर दोनों का झुकाव होता है ।

प्रयोग—मान लो कि किसी अँधेरे कमरे में कोई प्रकाश की किरण अइ दिशा में स (सूर्य) से आ रही है और फर्श पर पड़ कर सूर्य का प्रतिबिम्ब सा बना रही है । यदि किरण को तिपहल के पार्श्व कख पर गिरने दिया जावे और निर्गत किरण आ ई को किसी सफेद दफती या दीवार पर डाला जाय तो उस दफती पर सात रंग का एक रंगीन रश्मिचित्र बन जायगा । इस रंगीन चित्र में सब से कम हटा हुआ लाल रंग होगा और सबसे अधिक हटा हुआ कासनी रंग । इन दोनों के बीच में पाँच रंग क्रमशः नारंगी, पीला, हरा, आसमानी, और नीला मिलेंगे ।

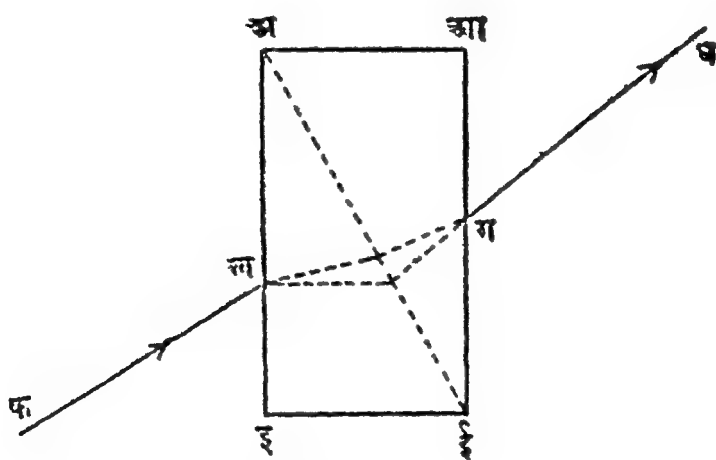


चित्र ६६

यह सूर्य के प्रकाश के सात घटक हैं । इनके प्राचीन काल में सूर्य के साथ घोड़े अथवा अग्निदेव के सात सर मानते थे ।

इन सात रंगों में से मुख्य (Primary) रंग तीन हैं—लाल, पीला और नीला, जिनके मिश्रण से अन्य रंग बन जाते हैं । जब सूर्य का प्रकाश

पदार्थों पर पड़ता है तो सभी रंग उस पर गिरते हैं, परन्तु भिन्न भिन्न मात्राओं में उनका शोषण तथा प्रतिफलन या परावर्तन होता है। जो पदार्थ लाल दिखलाई पड़ता है वह लाल रंग को छोड़ और सब रंग सोख लेता है। अतएव पदार्थों का रंग उन रंगों के अनुसार होता है जिनको वह सोखते नहीं, वरन् प्रति फलन कर देते हैं। सफेद पदार्थ सब रंगों को लौटा देते हैं और काले सब रंगों को सोख लेते हैं। अतएव सफेद त्याग का द्योतक है।



चित्र १००

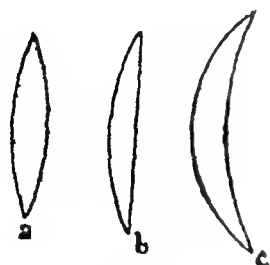
कांच के चौकोर टुकड़े में से जब किरणें निकलती हैं तो भी वर्ण विश्लेषण हो जाता है। परन्तु जितना विश्लेषण पहले आधे भाग में होता है उतना संश्लेषण दूसरे आधे में हो जाता है, परिणाम यह होता है कि कोई रंग नहीं दिखाई पड़ते। केवल उसके द्वारा देखने पर वस्तुएँ कुछ हटी सी प्रतीत होती है।

उन्नीसवाँ अध्याय

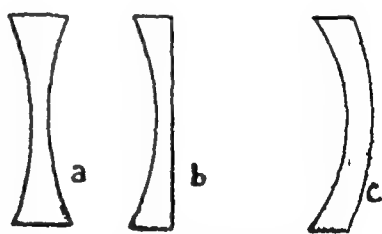
ताल (Lens), दूर दर्शक तथा अनुबीक्षण यंत्र
(Telescope and Microscope)

यदि काँच खण्ड के दोनों अथवा एक पार्श्व वर्तुलाकार अथवा गोलाकार हों तो वह लेस अथवा ताल कहलाता है। ताल छः प्रकार के होते हैं जिनकी आकृतियाँ चित्र १०१ तथा १०२ में दिखलाई गई हैं।

पहले तीन उन्नतोदर हैं अर्थात् बीच में मोटे हैं और सिरो पर से पतले। पिछले तीन नतोदर हैं अर्थात् बीच में से पतले और किनारों पर मोटे। एक अथवा दो तलों के नतोदर अथवा उन्नतोदर होने से, इनमें होकर निकलने वाली किरणों के वर्तन में बड़ा परिवर्तन तथा चमत्कार उत्पन्न हो जाता है और यह अनेक कामों में आने लगते हैं।



चित्र १०१—उन्नतोदर ताल



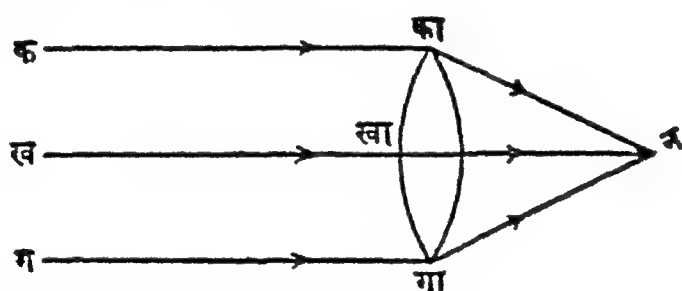
चित्र १०२—नतोदर ताल

जिन युवकों की दृष्टि दुर्बल होती है वह प्रायः नतोदर तालों के चश्मे काम में लाते हैं। बूढ़े आदिमी उन्नतोदर ताल के ऐनकों का उपयोग करते हैं। आतिशी कॉच, तथा बृहत् प्रदर्शक कॉच (Magnifying glass) उन्नतोदर ताल ही होते हैं।

ताल की नाभि

किसी उन्नतोदर ताल के धूप में इस प्रकार थापो कि उसके एक पार्श्व पर प्रकाश किरणें लम्बतः गिरे और उसके दूसरी तरफ काला कपड़ा रखकर ताल की स्थिति इस प्रकार संभालो कि काले कपड़े पर सब से छोटा सूर्य का प्रतिबिम्ब बने। इस बिन्दु के ताल की नाभि (Focus) कहते हैं। नाभि की जो ताल से दूरी होती है उसे (Focal length) नाभ्यन्तर कहते हैं। थोड़ी देर में कपड़ा जल उठेगा, यदि न जलेगा तो उक्त स्थान बहुत गरम हो जायगा। (देखो चित्र ६३)

यदि छाया में ताल को खड़ा कर दे तो ताल के एक तरफ जो वस्तुएँ दूर पर रखी होंगी उनका चित्र ताल की दूसरी तरफ बन जायगा। जिस स्थान पर एक दफती रखने से दूर की चीज़ों का चित्र साफ साफ बन जाय, वही स्थान ताल की नाभि है।

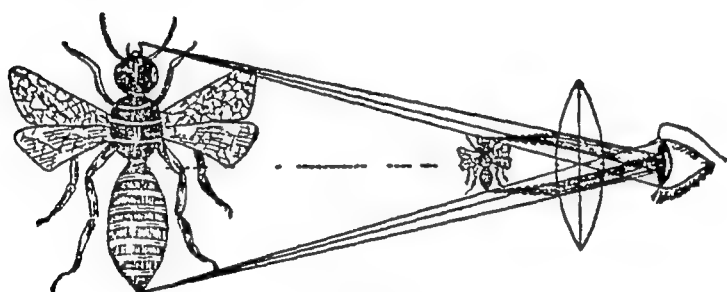


चित्र १०३

अंधेरी कोठरी में ताल से तीन चार गज पर मोमवत्ती रखने से, उसका उलटा चित्र ताल की नाभि पर दूसरी ओर बनेगा। यह प्रयोग कर नाभ्यन्तर नाप लो। तदनन्तर मोमवत्ती को ताल की तरफ सरकाओ तो चित्र ताल में दूर हटेगा। ज्यों ज्यों बत्ती पास लाई जायगी, प्रतिबिम्ब हटता जायगा। जब बत्ती ताल से नाभ्यन्तर से दुगनी दूरी पर होगी, प्रतिबिम्ब भी उतनी ही दूरी पर होगा। वह पूर्ववत् उलटा बनेगा पर आकार में बढ़ कर बत्ती के बराबर का होगा।

जब बत्ती और पास लाई जायगी तो प्रतिबिम्ब और दूर हट जायगा यहाँ तक कि जब बत्ती नाभ्यन्तर भर दूरी पर होगी तो प्रतिबिम्ब दूर की दीवार पर स्पष्ट दिखाई देगा । अब भी यह उलटा ही बनेगा परन्तु होगा बहुत बड़ा ।

अब यदि बत्ती ताल से नाभ्यन्तर से भी अधिक पास लाई जायगी । तो प्रतिबिम्ब दूसरी ओर न बनेगा, वरन् ताल की दूसरी ओर से देखने पर उसी ओर दिखाई देगा जिधर बत्ती रखी है ।



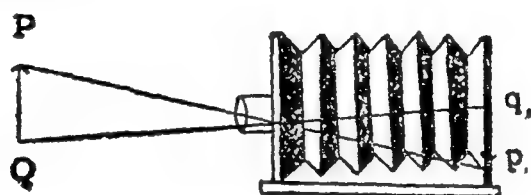
चित्र १०४

यह प्रतिबिम्ब सीधा, खड़ा, बड़ा और अवास्तविक (Virtual) होगा । इस समय यह ताल (Magnifying glass) का काम दे रहा है । इस ताल को किसी पुस्तक पर रखकर क्रमशः उठाइये । अच्छर अब बड़े दिखाई पड़ेंगे ।

उन्नतोदर ताल का प्रयोग

जिस प्रकार ऊपर बतला चुके हैं कि एक ओर कोई वस्तु रखकर उसका उलटा प्रतिबिम्ब ताल की दूसरी तरफ बना सकते हैं, उसी प्रकार यदि छोटा सा बक्स लेकर उसके एक पार्श्व में छेद करके ताल लगा दें तो बाहर की वस्तुओं के चित्र उसकी पीछे की दीवाल पर बना सकते हैं । यह सिद्धान्त (fixed focus) केमरो का है जो प्रायः १० या १२ फुट से अधिक दूरी पर रखी वस्तुओं का फोटो उतारने में काम आते हैं और (Box Camera)

बक्स केमरा कहलाते हैं। लेन्स की पिछली वाली दीवार पर प्लेट लगा रहता है, जिस पर लगे हुए मसाले पर प्रतिबिम्ब बनता है और उसमें रासायनिक परिवर्तन कर देता है। इन्हीं परिवर्तनों को अधिक तीव्र करने की विधि (Developing) कहलाती है। तदनन्तर अपरिवर्तित मसाले को हैपो में डालकर अलग कर देते हैं (Fixing)। पानी से अच्छी तरह धोकर, सुखाकर, नैगेटिव तैयार हो जाता है। इसी नैगेटिव से मसालेदार कागज पर चित्र छापते हैं। बक्स केमरे की लम्बाई ताल के नाभ्यन्तर के तुल्य होती है।



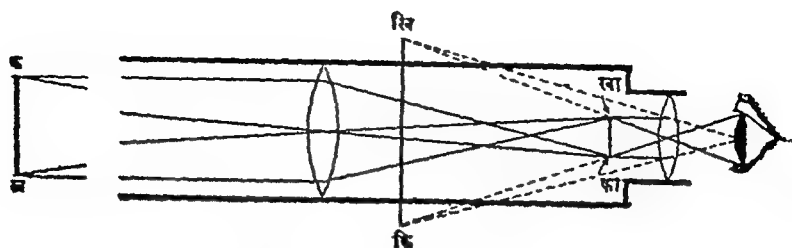
चित्र १०५

जहाँ यह अभीष्ट होता है कि भिन्न भिन्न दूरी पर स्थित वस्तुओं के चित्र बनावे तो उक्त बक्स की दाई बाई दीवारें चमड़े की बना लेते हैं। जिसमें ताल और पिछले भाग की दूरी घटा बढ़ा सकें; इसी चमड़े को बेलोज़ कहते हैं। पिछली दीवार पर एक चौकटे में (Ground glass) घिसा हुआ कॉच का परदा (Screen) लगा देते हैं, जिस पर उलटा चित्र बनता है। ताल और परदे की दूरी घटाने बढ़ाने के लिए पेच तथा दाँतेदार पट्टी का (Rack & Pinion) प्रयोग करते हैं।

अच्छे केमरों के लेस बहुमूल्य होते हैं। उनमें फोटो की नोक पलक ठीक लाने के लिए एक ताल का ही प्रयोग नहीं होता वरन् कई ताल (और वह भी बड़ी दक्षता और शुद्धता से बनाये होते हैं) काम में आते हैं।

दूरदर्शक यंत्र (Telescope)

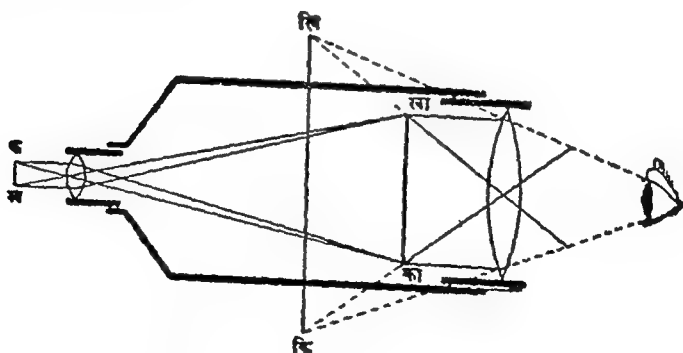
इस यंत्र में भी दो ताल काम में लाये जाते हैं। एक ताल दर्शनीय



चित्र १०६—दूरदर्शक यंत्र

क ख दूरस्थ वस्तु है, जिस का वास्तविक प्रतिबिम्ब खाका वस्तुताल द्वारा बनता है। इस प्रतिबिम्ब का परिवर्द्धित अवास्तविक प्रतिबिम्ब खिकि चक्षुताल बनाता है

वस्तु की तरफ रहता है। इसे वस्तु ताल (Objective) कहते हैं। दूसरा ताल आंख के पास रहता है, जिसे चक्षुताल कहते हैं (Eyepiece)। पहले ताल का नाभ्यन्तर बड़ा होता है। यह दूरस्थ वस्तु का एक उलटा चित्र चक्षुताल और उसकी नाभि के बीच में बनाता है, जिससे एक परिवर्द्धित प्रतिबिम्ब दिखाई पड़ता है। पहला प्रतिबिम्ब वास्तविक परन्तु दूसरा काल्पनिक होता है।



चित्र १०७—अणुवीक्षण यंत्र

क ख वस्तु का वास्तविक चित्र काखा पर वस्तुताल बनाता है। चक्षुताल इसको बड़ा करके खिकि स्थान पर दिखाता है।

अणुवीक्षण यंत्र (Microscope)

इस यंत्र में वस्तुताल और चक्षु ताल दोनो छोटे नाभ्यन्तर के होते हैं । वस्तु के आकार के बढ़ाने में दोनो ताल सहायता देते हैं ।

फोटो उतारना

पहले केमरे को स्टेण्ड पर रख कर उसके स्क्रीन (Ground glass Screen) पर साफ चित्र बना लेते हैं । बेलोज़ को घटा बढ़ा कर लेन्स को स्क्रीन से ऐसी दूरी पर रखते हैं कि साफ चित्र बन जाय । तदनन्तर लेन्स का मुँह कागज की बनी टोपी से ढककर, स्क्रीन के स्थान पर डार्क स्लैड (Dark slide) जो छोटा सा बक्स होता है और जिसमें प्लेट बन्द रहती है लगा कर उसका परदा खींच लेते हैं । तब लेन्स की टोपी १ सेकण्ड के लिए हटा कर फिर यथावत लगा देते हैं । स्लैड का परदा लगाकर प्लेट को (Dark room) अन्धकारमय कमरे में ले जाकर डेबेलप आदि कर लेते हैं जैसा कि ऊपर बतला चुके हैं ।

बीसवाँ अध्याय

चुम्बकत्व

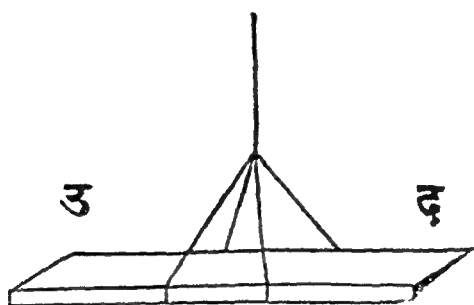
प्राचीन समय में एशिया माइनर (Asia Minor) देशान्तर्गत मग्नीसिया (Magnesia) प्रान्त में लौह खनिज के कुछ ऐसे टुकड़े मिलते थे कि जो लोहे के छोटे छोटे टुकड़ों को अपनी ओर खींचने की शक्ति रखते थे। इन पिएडों को प्रान्त के नाम से मेग्नेट अथवा मग्नेटाईस कहने लगे। इन टुकड़ों का यह स्वभाव था कि जब किसी डोरे से इन्हें लटका देते थे तो इनका एक सिरा उत्तर की ओर दूसरा दक्षिण की ओर हो जाता था।



चित्र १०८—प्राकृतिक चुम्बक

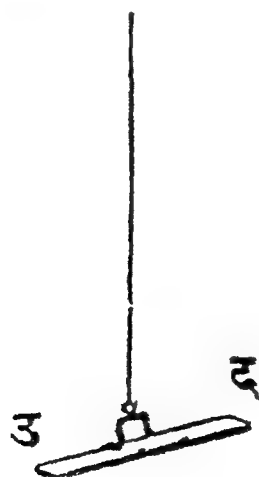
जब उत्तर की तरफ सूचित करने वाले सिरों पर निशान लगाकर बारबार परीक्षा की गई तो पता चला कि वही सिरा सदैव उत्तर की ओर रहता है। डोरे को अथवा चुम्बक को घुमा देने पर भी जब साम्यावस्था प्राप्त होती है तो उत्तर की ओर ही निशान लगा हुआ छोर संकेत करता है। इसलिए इस सिरे अथवा छोर को (Marked end or North Seeking pole) अथवा (North pole) उत्तरीय केन्द्र कहते हैं। अतएव स्पष्ट है कि चुम्बक दिक् सूचक का भी काम दे सकता है। इसलिए

इनको लोडस्टोन (Lodestone) या लीडिंग स्टोन (Leading Stone) पथ प्रदर्शक भी कहते थे ।



चित्र १०९—डोरे के फदे में लटका हुआ चुंबक

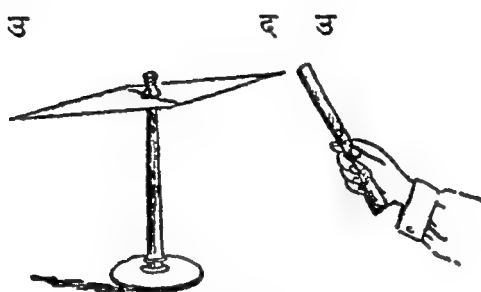
प्रयोग—एक कागज के टुकड़े को दुहरा कर डोरे से लटका दो । उसमें एक चौकोर चुम्बक रख दो । देखोगे कि वह जब ठहरेगा तो उसका एक छोर उत्तर की तरफ और दूसरा दक्षिण की ओर होगा । उत्तरीय केन्द्र पर पेंसिल या रेती से निशान लगा दो ।



चित्र ११०—पीतल के ओंकेड़े में लटका हुआ चुंबक

प्रयोग—एक दूसरा चुम्बक लेकर उसके उत्तरीय केन्द्र पर भी पूर्ववत् निशान लगा लो । अब इस चुम्बक के उ० के० को पहले चुम्बक के उ०

के० के पास लाओ। देखोगे कि वह दूर हटने का प्रयत्न करता है और पीछे हटने लगता है। अब इसी प्रकार लटके हुए चुम्बक के दक्षिणी केन्द्र के पास हाथ के चुम्बक उ० के० को ले जाओ। देखोगे कि वह इसकी ओर खिंच आता है। इसलिए



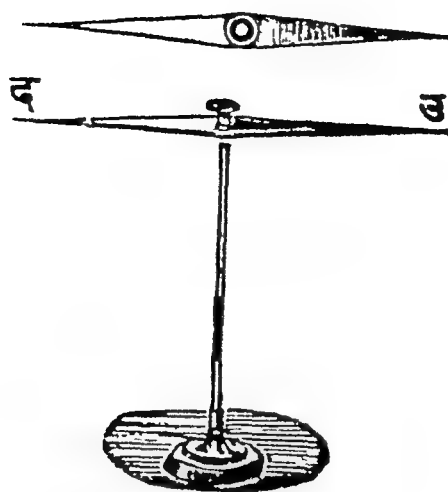
चित्र १११

- (१) समान चुम्बकीय केन्द्र परस्पर निराकरण करते हैं।
- (२) असमान चुम्बकीय केन्द्र परस्पर आकर्षण करते हैं।

दिक् सूचक अथवा कुतुबनुमा

(Magnetic Compass)

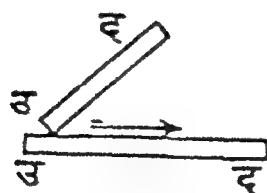
हलका चुम्बक हो तो बनाय लटकाने के उसे चूल पर भी रख सकते हैं। चुम्बक के बीच में छेद करके उसमें एक छोटा सा प्याला लगा देते हैं। इस प्याले की भीत पीतल की परन्तु पैदा शीशे अथवा एगोट पत्थर का होता है। इस प्याले को किसी नोकदार कीली पर आँधा देते हैं। चुम्बक क्षितिज धरातल में घूम सकता है। ऐसे छोटे छोटे चुम्बक दिक् सूचक के नाम से बाजार में बिकते हैं।



चित्र ११२

चुम्बकी करण

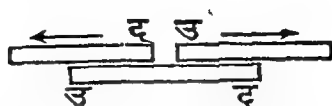
एक इस्पात की चौकोर पटरी लेकर मेज पर रखो। उसके एक पृष्ठ पर किसी चुम्बक का उ० के० लाकर रखो और उसे पटरी पर खींच कर दूसरे सिरे तक ले जाओ। तदनन्तर उठा कर पहले सिरे पर लाओ। यह क्रिया दस पन्द्रह बार करने से इस्पात की पटरी भी चुम्बक हो जायगी। जिस सिरे से रगड़ना आरम्भ किया था वह उ० केन्द्र और दूसरा सिरा द० केन्द्र बनेगा। परीक्षा करके देख लो।



चित्र ११३—चुंबकीकरण (१)

चुम्बक बनाने की एक और विधि है कि पटरी के मध्य में दो चुम्बकों के भिन्न केन्द्र (एक का उ० के० और दूसरे का द० केन्द्र)

सटा कर रखो। तदनन्तर उनको विपरीत दिशाओं में खींचकर छोरों तक ले जाओ। फिर वहाँ से उठाकर बीच में ला रखो। कई बार इसी प्रकार करने से चुम्बक बन जायगा। पटरी का एक सिरा उ० के० होगा और दूसरा द० के०।

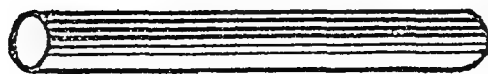


चित्र ११४—चुम्बकीकरण (२)

चुम्बकों की आकृति

प्रयोग शाला में प्रयुक्त चुम्बकों के कई आकार होते हैं। साधारणतः चौकोर (आयताकार), चुम्बक काम में लाते हैं, परन्तु बेलनाकार चुम्बक (Cylindrical), बनेटी चुम्बक (Ball ended), नाल चुम्बक (Horse Shoe magnets) भी काम आते हैं। बनेटी चुम्बक की विशेषता यह होती है कि उसके केन्द्र ठीक स्थानों पर गेदों के केन्द्रों पर होते हैं। बोझा उठाने के लिए नाल चुम्बक काम में लाते हैं।

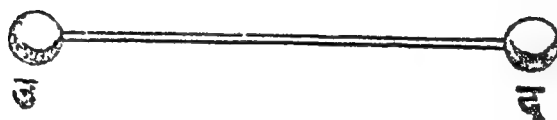
बड़े शक्ति शाली चुम्बक जो मनो बोझ उठा लेते हैं नाल के आकार के होते हैं परन्तु उनकी चुम्बकीय शक्ति विद्युत् धारा से उत्पन्न की जाती है। नाल के प्रत्येक छोर पर बिजली का तार लपेट दिया जाता है पर यह ध्यान रखते हैं कि विद्युद् धारा की दिशा दोनों छोरों में विपरीत हो। यदि एक छोर के चारों ओर बिजली घड़ी की दिशा में चलती हो तो दूसरे ओर के चारों ओर विरुद्ध दिशा में चक्कर लगाती रहे, जिसमें एक सिरा उ० के० और दूसरा द० के० बन जावे। नाल कच्चे लोहे का बनाते हैं। ऐसे चुम्बकों को विद्युद् चुम्बक कहते हैं (Electromagnets)। लंबे बुनने की सुई के आकार के चुम्बक Solenoidal magnet कहलाते हैं। इनकी लंबाई मोटाई से ४० गुनी होनी चाहिये। इनके केन्द्र (Poles, सिरों पर रहते हैं।



चित्र ११५—बेलनाकार चुम्बक



चित्र ११६—चौकोर चुम्बक



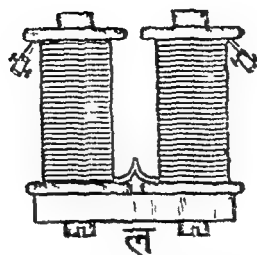
चित्र ११७—बनैटी चुम्बक



चित्र ११८—नाल चुम्बक । चित्र ११९—सुईनुमा चुम्बक



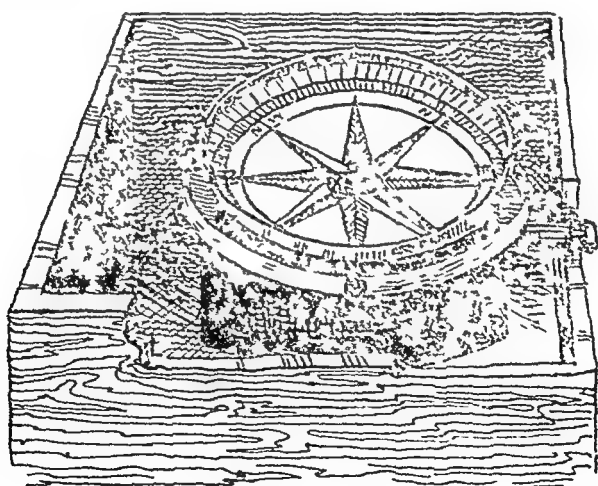
चित्र १२०—विद्युच्चुम्बक (१)



चित्र १२१—विद्युच्चुम्बक (२)

जहाजी दिक्सूचक

जहाजों के भोकों से चुम्बक विचलित न हों, इस उद्देश्य से दिक्-सूचक दोहरे भूलों में लटकाये रहते हैं। इन भूलों के भोटे लवरूप दिशाओं में होते हैं। अतएव जहाज के भोकों का प्रभाव बीच के दिक्-सूचक तक नहीं पहुँचता। क्योंकि भूले सदैव सीधे ही लटके रहने की चेष्टा करते रहते हैं।



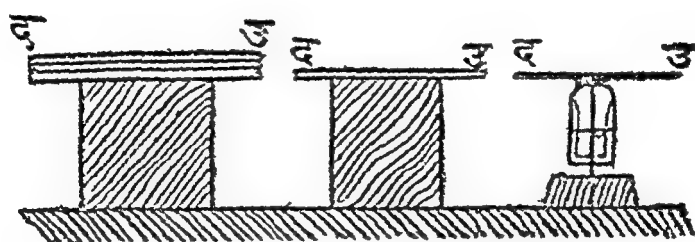
चित्र १२२

कच्चे लोहे का स्वभाव

चुम्बक बनाने के लिए इस्पात की छड़ ली जाती है, विशेषत

टंग्स्टन धातु मिश्रित इस्पात की। यदि कच्चे लोहे की छड़ लें तो वह बड़ी शीघ्रता से चुम्बक बन जायगी, परन्तु उसका चुम्बकत्व नष्ट भी उतनी ही जल्दी हो जायगा। एक चुम्बक के उ० केन्द्र से एक छोटी सी कील स्पर्श कराओ वह उससे चिपट जायगी। इस कील के निचले सिरे से दूसरी कील चिपटाई जा सकती है। इस प्रकार कई कीलों की शृङ्खला बनाई जा सकती है। परन्तु चुम्बक को पहली कील से अलग कर दें तो सब कीले अलग हो जायँगी और गिर जायँगी। स्पष्ट है कि नरम लोहा चुम्बक के स्पर्श से चुम्बक बन जाता है, परन्तु चुम्बक के हटते ही उसका चुम्बकत्व गायब हो जाता है।

दिक्चूचक से परीक्षा करने पर मालूम होगा कि कीलों का निचला सिरा उ० के० है।

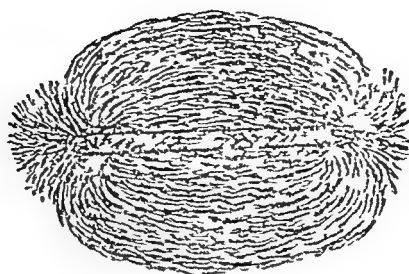


चित्र १२३—चुम्बकीय उपपादन

प्रयोग—चार पाँच काग रखकर उन पर एक रेखा में परन्तु थोड़े थोड़े अन्तर से लोहे के टुकड़े रखे जा सकते हैं। यदि इस शृङ्खला के एक सिरे पर कोई चुम्बक रख दिया जाय तो सब टुकड़े चुम्बकत्व व्यवहार करने लगेंगे। यह क्रिया चुम्बकीय उपपादन (Magnetic Induction) कहलाती है।

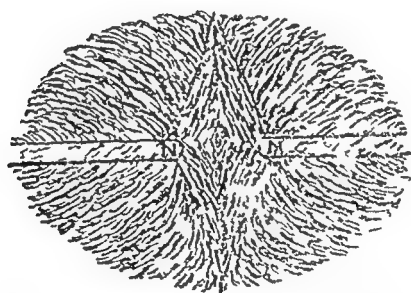
चुम्बक लोहे को क्यों और कैसे खींचता है ?

जब कोई लोहे का टुकड़ा चुम्बक के पास लाया जाता है तो वह टुकड़ा



चित्र १२४—एक चुम्बक का चुम्बकीय क्षेत्र

उपपादन की क्रिया से स्वयं चुम्बक बन जाता है, उसका वह छोर जो चुम्बक के (मान लो कि) उ० के० के पास है द० केन्द्र बन जाता है और तदनन्तर चुम्बक के उ० के० से आकर्षित होता है।



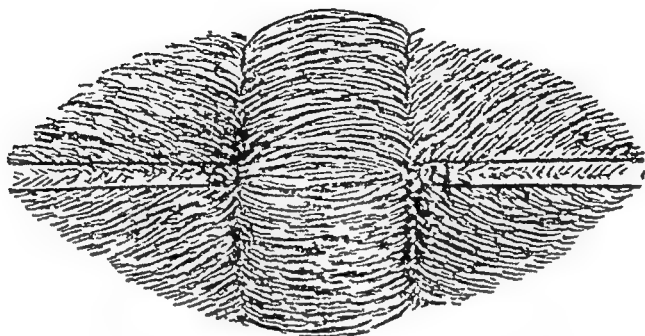
चित्र १२५—दो चुम्बकों के असमान केन्द्रों के बीच का चुम्बकीय क्षेत्र

चुम्बक के तोड़ने का फल

यदि चुम्बक को बीच में से तोड़ दें तो प्रत्येक आधा भाग पूरा चुम्बक बन जायगा। जहाँ से चुम्बक भग्न हुआ है वहाँ दो नये केन्द्र उत्पन्न हो जायेंगे। जिस टुकड़े में पहले से उ० के० मौजूद है उसमें द० के० उत्पन्न हो जायगा। ऐसे ही दूसरे टुकड़े में नया उ० के० बन जायगा।

चुम्बकत्व कहाँ रहता है ?

यदि किसी चुम्बक को तेजाब में डाल दे, जिसमें उसका ऊपरी हिस्सा गल जाय तो उसका चुम्बकत्व भी नष्ट हो जायगा। स्पष्ट है कि चुम्बकत्व ऊपरी तल में रहता है।

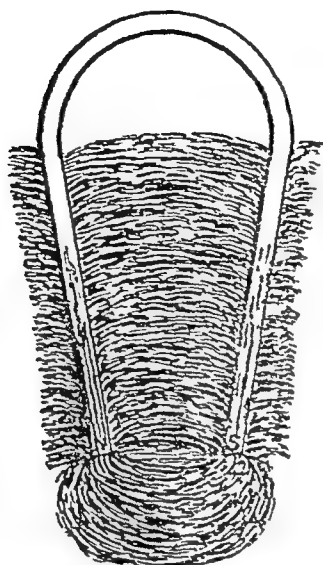


चित्र १२६—दो चुम्बकों के असमान केन्द्रों के बीच का चुम्बकीय क्षेत्र।

चुम्बकत्व का क्षेत्र

एक चुम्बक को मेज पर रख कर उसके आस पास दो लकड़ी के टुकड़े रख कर उन पर एक दफती रख दो। तदनन्तर तार की जाली का एक टुकड़ा लेकर उसको हिलाते जाओ और उस पर दूसरे हाथ से लोहे का बुरादा छिड़कते जाओ। जाली इस लिए लेते हैं कि बुरादा फैल जाय, एक जगह न इकट्ठा हो जाय। जब चुम्बक के ऊपर के हिस्से पर तथा उसके इधर उधर भी बुरादा फैल जाय तो देखोगे कि बुरादे के कणों की कोई रचना विशेष नहीं है। परन्तु दफती को पेंसिल से धीरे धीरे ठोको। लोहे के कण विशेष शृङ्खला बद्ध क्रम में विभाजित होते दिखाई पड़ेंगे। ऐसा मालूम होगा कि दोनों केन्द्रों से कुछ रेखाएँ निकल कर चारों ओर जाती हैं, परन्तु उ० के० से निकलने वाली रेखाएँ उत्तर की ओर और द० के० से निकलने वाली रेखाएँ दक्षिण की ओर जाने की चेष्टा करती हुई

दिखाई पड़ेगी। हाँ यह बात भी अवश्य देख पड़ेगी कि एक केन्द्र से निकलने वाली रेखाएँ दूसरे असमान केन्द्र की ओर भी खिंच रही हैं।



चित्र १२७—दो चुम्बकों के समान केन्द्रों के बीच का चुम्बकीय क्षेत्र

चुम्बक को अनेक परिस्थितियों में रख कर लोहे के कणों की रचनाएँ देखो। उन सब रचनाओं की व्याख्या ऊपर दिये हुए निरीक्षण से स्पष्ट हो जायगी।

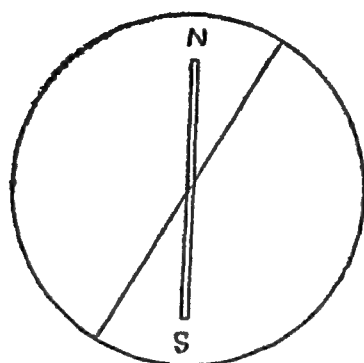
पृथ्वी का चुम्बकत्व

(Terrestrial Magnetism)

किसी चुम्बक के बीच में डोरा बाँध कर लटका दे तो वह प्रायः उत्तर दक्षिण दिशा में ठहरेगा। इस स्थान से हटाने पर भी, अन्त में वह फिर पूर्ववत् आकर ठहर जायगा।

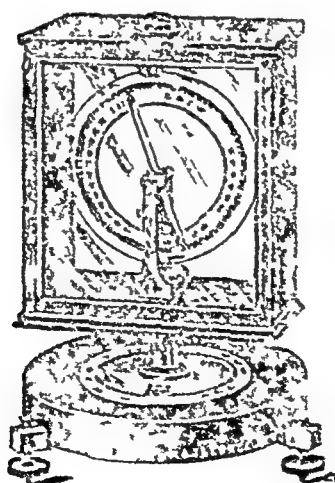
जिस दिशा में चुम्बक का अक्ष आकर ठहरता है उस दिशा को चुम्बकीय याम्योत्तर (Magnetic Meridian) कहते हैं। भूगोलीय

याम्योत्तर से यह प्रायः कुछ हटा रहता है। दोनों याम्योत्तरो के बीच का कोण दिक्पात (declination) कहलाता है।



चित्र १२८—दिक्पात (Declination)

एक और बात इस सम्बन्ध में देखने योग्य है। चुम्बक धरातल के समानान्तर न रह कर कुछ झुका हुआ रहता है। पृथ्वी के उत्तर गोलार्द्ध में चुम्बक का उ० के० नीचे को झुका रहता है परन्तु दक्षिण गोलार्द्ध में उ० के० ऊपर को रहता है और द० के० नीचे को।



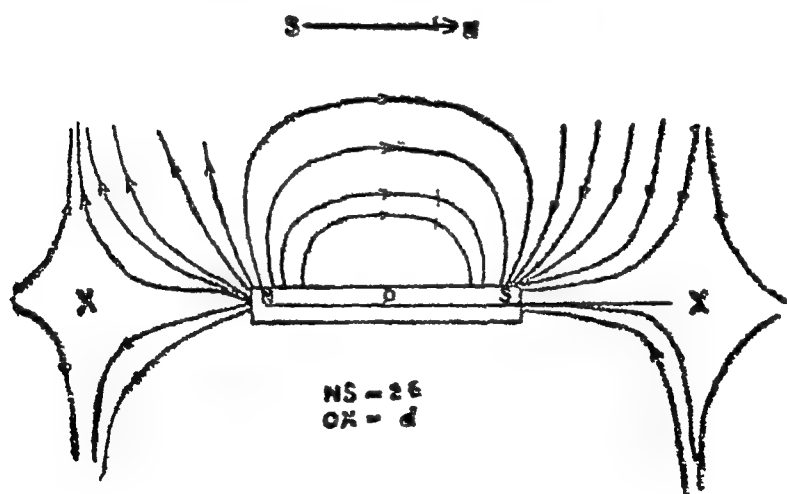
चित्र १२९—अवपात (Dip) दर्शक यंत्र। इसके अंकित चक्र को चुम्बकीय याम्योत्तर में रख कर अवपात नाप लेते हैं।

क्षितिज धरातल से लटके हुए चुम्बक का अक्ष जो कोण बनाता है उसे अवपात (Dip) कहते हैं।

चुम्बक के उपर्युक्त व्यवहार की व्याख्या करने के लिए यह अनुमान किया जाता है कि पृथ्वी स्वयं चुम्बक है। भूगोल के बीच में एक बड़ा चुम्बक रखा हुआ माना जाता है। इसी चुम्बक के कारण धरातल पर चुम्बक विशेष स्थिति में लटकाये जाने पर ढहरते हैं।

शक्ति-रेखाएँ (Lines of force)

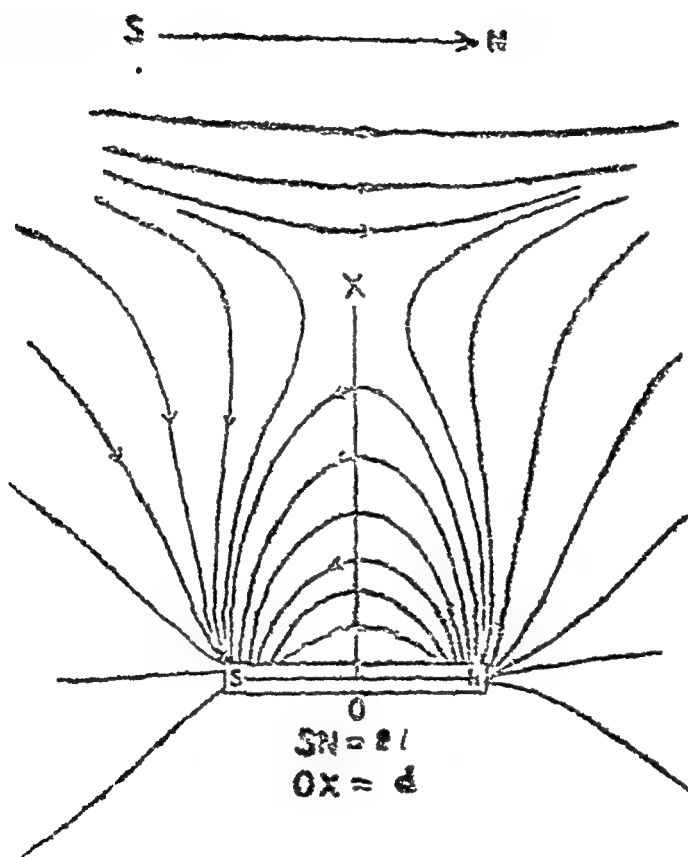
किसी भी चुम्बकीय क्षेत्र में लोहे का एक स्थिति विशेष में आकर ढहरते हैं, यह ऊपर बतला चुके हैं। इसका कारण यही है कि प्रत्येक लोहे का चुम्बकीय क्षेत्र में चुम्बक बन जाता है। अतएव उसकी अक्ष अपने मध्य बिन्दु पर चुम्बकीय शक्ति की दिशा बतलाती है। इन्हीं अक्षों को



चित्र १३०—चुम्बक को चुम्बकीय याम्योत्तर में उसका उ० के० दक्षिण की तरफ रख कर खींची हुई शक्ति रेखाएँ।

स्पर्श करता हुआ कोई वक्र खींच दे तो उसका यह गुण होगा कि उसके किसी बिन्दु की स्पर्श रेखा उस बिन्दु पर की चुम्बकीय शक्ति की दिशा

प्रकट करेगी। अतएव ऐसी रेखाएँ (जिन्हे Lines of force शक्ति की रेखाएँ कहते हैं) ऊपर दिये हुए प्रयोग से सहज ही देखी जा सकती हैं। किसी तेज पेसिल से इन रेखाओं को खींच भी सकते हैं।

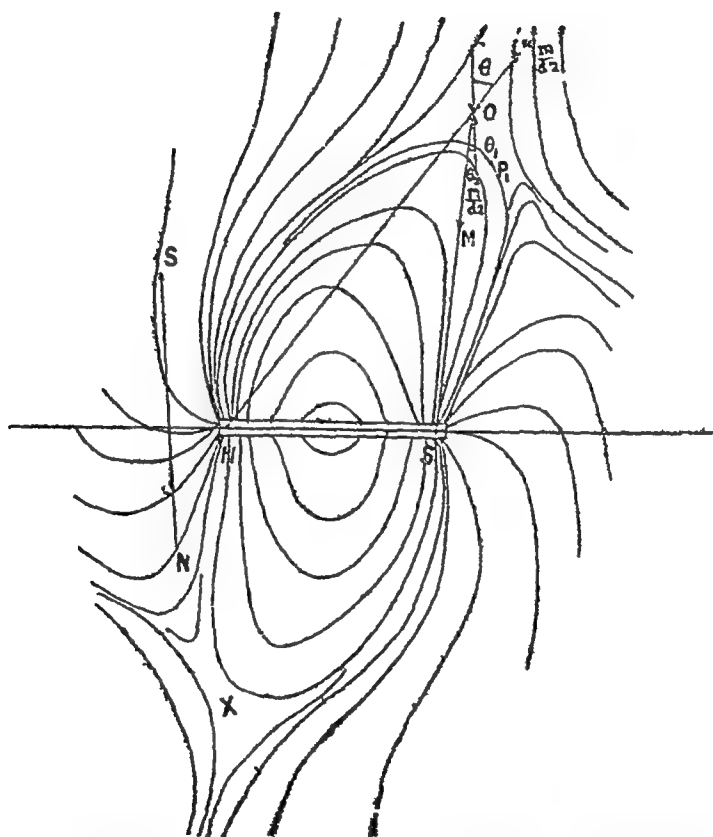


चित्र १३१—उ० के० उत्तर की ओर रख कर खींची हुई शक्ति रेखाएँ।

पृथ्वी का चुम्बकीय क्षेत्र

किसी चित्र-पट पर कागज लगा कर उस पर एक छोटा कुतुबनुमा रखो। जब उसकी सुई ठहर जाय तो दोनों केन्द्रों के पास पेंसिल ने बिन्दु लगा लो। तब दिक्सूचक को आगे सरकाओ, यहाँ तक कि पिछला केन्द्र अगले केन्द्र के स्थान पर आ जाय। अगले केन्द्र के स्थान पर फिर बिन्दु

बनाओ। इस प्रकार दस पन्द्रह स्थानों पर बिन्दु बनाओ। सब बिन्दु एक ही रेखा पर स्थित मिलेंगे। अब किसी और बिन्दु पर दिक्सूचक रख कर चलो, फिर पूर्ववत् एक सरल रेखा मिल जायगी जो पहली रेखा के समानान्तर रहेगी। इस प्रकार चाहे जितनी रेखाएँ खींची जायें सब समानान्तर रहेंगी। इससे स्पष्ट हैं कि पृथ्वी के चुम्बकीय क्षेत्र में समानान्तर शक्ति-रेखाएँ हैं।



चित्र १३२—चुम्बक को चुम्बकी याम्योत्तर के लम्बरूप रखकर खींची हुई शक्ति रेखाएँ

किसी चुम्बक का चुम्बकीय क्षेत्र

पहले चित्र पट पर कागज लगाकर पृथ्वी के याम्योत्तर को दिखाने वाली रेखा खींच लो। चुम्बक को रखो। इस रेखा पर चुम्बक के चारों ओर रेखाएँ खींच लो जिसमें उसका स्थान मालूम रहे। तदनन्तर दिक सूचक से शक्ति-रेखाएँ खींच लो। यह शक्ति रेखाएँ चुम्बक तथा पृथ्वी के चुम्बकीय क्षेत्रों की सम्बद्ध रेखाएँ होगी।

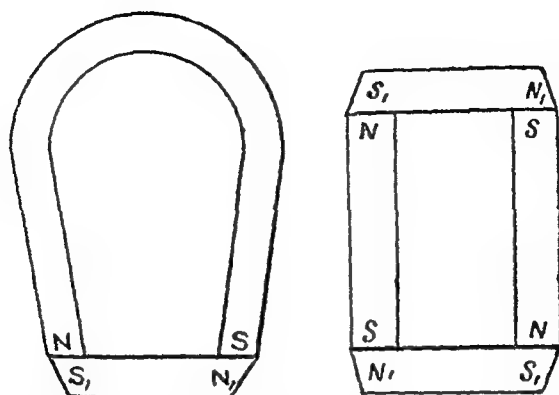
चुम्बकीय शक्ति का प्रभाव

शक्ति की रेखा खींचने की पहली विधि में दप्ती को चुम्बक के ऊपर रखकर लोहे का बुरादा डाला था। यहाँ चुम्बक की शक्ति दप्ती में होकर भी काम करती है। प्रायः साधारण धातुओं की चद्दरों में से चुम्बकीय शक्ति काम कर सकती है। लोहा ही इसका अपवाद है। लोहे की चादर तो चुम्बकीय परदे का काम देगी।

लोहा, निकिल, कोबाल्ट और कुछ धातु मिश्रण लोहे के समान चुम्बक द्वारा आकर्षित होते हैं। किसी नाल चुम्बक के केन्द्रों के बीच में इन धातुओं का कोई टुकड़ा रखा जाय तो केन्द्रों के समानान्तर हो जायगा। परन्तु विस्मिथ आदि पदार्थ केन्द्रों में होकर जाने वाली रेखा के लम्बरूप स्थान में रहेंगे। पहले प्रकार के पदार्थों को अनुचुम्बकीय (Para magnetic) और दूसरे प्रकार के पदार्थों को (Dia magnetic) पराचुम्बकीय कहते हैं।

(रक्तक Keepers)

चुम्बकों को जब आल्मारी में रखना हो तो सदैव पूर्व पश्चिम रखना चाहिये। उत्तर दक्षिण न रखना चाहिये। ऐसा करने से उनकी चुम्बकीय



चित्र १३३—रक्तक के सिरो पर उपपादन द्वारा असमान केन्द्र पैदा हो जाते हैं, जो चुम्बक के केन्द्रों की आकर्षण द्वारा रक्षा करते हैं।

शक्ति के हास होने का भय रहता है, क्योंकि पृथ्वी स्वयं चुम्बकवत् व्यवहार करती है।

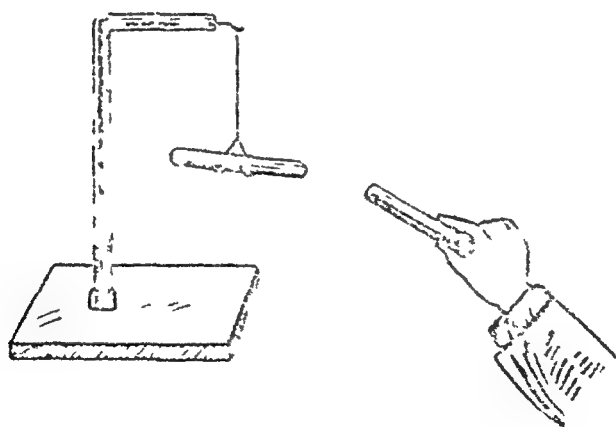
यथा सम्भव बराबर के चुम्बको को पासपास इस प्रकार रखो कि उनके असमान केन्द्र पास रहें और इन असमान केन्द्रों से सलग्न लोहे का टुकड़ा रख देना चाहिये। यह लोहखण्ड स्वयं चुम्बक बनकर उन केन्द्रों की उपपादन द्वारा रक्षा करेंगे।

इक्कीसवाँ अध्याय

विजली

प्राचीन समय में यह मालूम था कि अम्बर जब रगड़ खाता है तो उसमें सूखी पत्तियों के आकर्षण करने की शक्ति पैदा हो जाती है। सम्राज्ञी इलेज़ेवेथ के चिकित्सक डा० गिलवर्ट ने इस सम्बन्ध में विशेष खोज की और विद्युच्छाल के जन्मदाता वही हैं।

प्रयोग—एक काँच का छोटा सा डंडा लेकर कुछ देर धूप में रखकर सुखा लो। तदनन्तर सूखे हुए रेशम के रूमाल से उसे फुर्ती से रगड़ो और तब सूखे घास-पात या कागज के टुकड़ों के पास लाओ। वह उन्हें अपनी ओर खींच लेगा। यह डंडा विद्युन्मय हो गया। उसकी विद्युत् पत्तों को खींचती है।



चित्र १३४

प्रयोग—कागज का रक्ताव बनाकर किसी डोरे से टॉग दो। तदनन्तर पूर्ववत् एक डंडे को रगड़ कर अथवा विद्युन्मय करके रक्ताव में

रख दो और दूसरा विद्युन्मय डण्डा उसके पास लाओ। दोनों में निराकरण होगा।

प्रयोग—अब एक एबोनेट का डंडा सुखाकर सूखी बनावत से रगड़ कर देखो। वह भी पत्तो को खींचेगा अर्थात् वह भी विद्युन्मय हो जायगा। यदि एक और एबोनेट का डंडा रकाब में लटकाकर दूसरा वैसा ही डंडा उसके पास लावे तो उनमें निराकरण होगा।

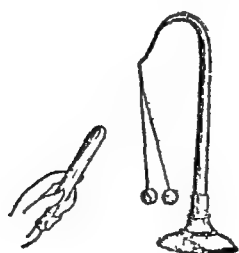
प्रयोग—एक काँच के डंडे को विद्युन्मय करके रकाब में रखो और एबोनेटका विद्युन्मय डंडा उसके पास लाओ। दोनों में आकर्षण होगा।

सारांश—इन प्रयोगों से स्पष्ट है कि विद्युत् दो प्रकार की है। एक वह जो काँच पर रगड़ कर पैदा की जाती है। दूसरी वह जो एबोनेट पर उत्पन्न होती है। काँच पर जो बिजली पैदा होती है उसे यदि धनात्मक कहे तो इबोनेट पर उत्पन्न हुई बिजली को ऋणात्मक कहेंगे।

अब प्रयोगों का फल इस प्रकार बतला सकते हैं :—

(१) धनात्मक विद्युत् धनात्मक विद्युत् को हटाती है और ऋणात्मक विद्युत् को खींचती है।

(२) इसी प्रकार ऋणात्मक विद्युत् ऋणात्मक विद्युत् का निराकरण और धनात्मक का आकर्षण करती है। समान प्रकृतिवाली विद्युन्मात्राएँ निराकरण तथा असमान प्रकृतिवाली परस्पर आकर्षण करती हैं।



चित्र १३५

प्रयोग—किसी सरकड़े के गूदे का एक टुकड़ा लेकर डोरे से बाँधो और किसी काँच के स्टैंड से लटका दो। इस गूदे की गोली के पास (Pith ball Pendulum) कोई विद्युन्मय डंडा लाओ। गोली पहले डंडे की ओर आकर खिंचेगी, उससे स्पर्श करेगी और तदनन्तर दूर हटने लगेगी। (देखो चित्र १३५)

क्या कारण है? वस्तुतः गोली ने डंडे का स्पर्श करके उसकी विजली का कुछ अंश ग्रहण कर लिया। अब गोली और डंडे पर एक समान विजली विद्यमान है। अतएव दोनों में निराकरण होने लगा।

मूखे कागज के टुकड़े भी पहले उठकर डंडे से चिपटते हैं, परन्तु स्पर्श करने के बाद शीघ्र ही दूर जा गिरते हैं।

किसी पदार्थ को रगड़ने से कैसी विजली पैदा होती है, यह बात रगड़ने वाली और रगड़ी हुई चीजों पर निर्भर है। प्रयोग करके यह देख सकते हो कि काँच की छड़ को फलालेन से रगड़े तो ऋणात्मक विद्युत् पैदा होगी। एबोनेट को रगड़ से रगड़े तो धनात्मक विजली उत्पन्न होगी।

चालक और अचालक

काँच की छड़ जहाँ पर रगड़ खाती है विद्युन्मय हो जाती है, परन्तु उसका जो हिस्सा मुठ्ठी में रहता है विद्युन्मय नहीं होता। किसी धातु पीतल आदि की छड़ को घिसा जाय तो उसमें विजली नहीं उत्पन्न होती। हाँ, यदि उसमें एबोनेट या काँच का दस्ता लगा ले और दस्ते से उसे उठाकर रगड़े तो उसमें भी विजली पैदा हो जायगी।

विद्युन्मय एबोनेट तथा पीतल की छड़ों को उँगली से स्पर्श करके देखो। पता चलेगा कि स्पर्श करते ही पीतल की सम्पूर्ण विद्युन्मात्रा लुप्त हो जाती है, परन्तु एबोनेट में ऐसा नहीं होता।

कारण यह है कि एबोनेट विद्युत् का चालक नहीं है। उसके स्पर्श करने से केवल उसी स्थान की विजली उँगली में प्रवेश करके धरती में

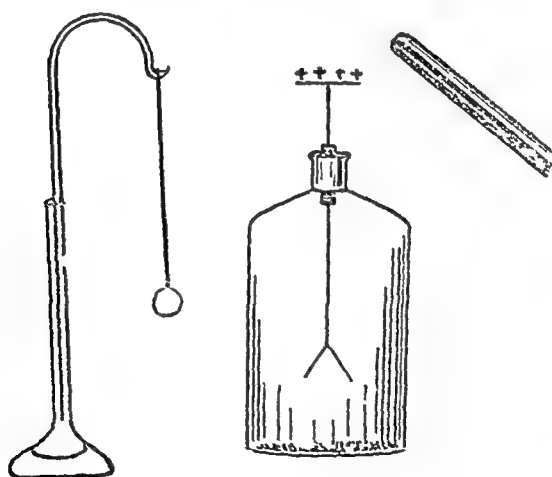
चली जाती है, जिसका स्पर्श हुआ है, परन्तु शेष छड़ पर बिजली पूर्ववत् बनी रहती है। हाँ पूरी छड़ पर हाथ फेरने से कुल बिजली गायब हो जायगी।

पीतल आदि धातु विद्युत् चालक हैं। अतएव उनके किसी भी भाग का स्पर्श किया जाय तो उनकी सब बिजली निकल जाती है। मानवी शरीर भी विद्युत् चालक है। अतएव पीतल की छड़ हाथ में थाम कर विद्युन्मय नहीं की जा सकती, जब तक कि उसमें किसी अचालक का दस्ता न लगा दिया जाय।

यही कारण है कि उपर्युक्त परीक्षा में काँच के स्टेड लेने का परामर्श दिया गया है।

विद्युत् सूचक (Electroscope)

सरकड़े के गूदे की गोली (Pith ball) जो किसी काँच के स्टेड से लटका दी गई हो विद्युत् सूचक का काम दे सकती है। कोई छड़



चित्र १३६

उसके पास लाई जावे, तो वह छड़ से तभी आकर्षित होगी जब छड़ पर

विद्युन्मात्रा होगी। आकर्षित होकर उसका निराकरण होगा। यदि छड़ विद्युत् शून्य हुई तो आकर्षण न होगा।

प्रयोग—काँच के डंडे को रेशम से रगड़ कर विद्युन्मय कर लो, तदनन्तर गूदे की गेद के पास लाओ। गेद स्पर्श करके धनात्मक विद्युत् से विद्युन्मय हो जायगी और तब पीछे हटने लगेगी। अब यदि कोई भी वस्तु जिस पर यह देखना है कि किस प्रकार की विजली प्रस्तुत है, इस गेद के पास लाई जावे तो या तो गेद उससे हटेगी या आकर्षित होगी। यदि दूर हटे तब तो उस वस्तु पर धनात्मक विद्युत् है। यदि आकर्षित हो तो उस वस्तु पर ऋणात्मक विद्युत् है।

सुवर्ण पत्र विद्युत् सूचक (Gold-leaf electroscope)

एक बोतल में काग लगा दो। काग के बीच में छेद करके काँच की नली बैठा दो। काँच की नली में एक ऐसी पीतल की छड़ प्रवेश कराओ, जिसका निचला भाग पीट कर चौड़ा कर दिया गया हो और ऊपर के सिरे पर एक गोल चंदेवा कसने के लिए चूड़ी कटी हो। काँच की नली में घुसाकर उस पर चंदेवा कस दो। नीचे के चौड़े भाग की दोनों तरफ स्वर्ण पत्र के टुकड़े चिपका दो। स्वर्ण पत्र के दो कागजों के बीच में रखकर कागज की दो चार तह करके कैची से उपयुक्त आकार के टुकड़े काट लो। इन टुकड़ों में से दो चिपका लो। बोतल की तलेटी में सावधानी से कुछ भावा पत्थर के टुकड़े और गाढ़ा गन्धक का तेजाव डाल दो। काग के स्थान पर बैठा दो। यह यंत्र उपस्थित हुआ।

प्रयोग—काँच की विद्युन्मय छड़ लेकर चंदेवे के पास लाओ। देखोगे कि पास लाते ही स्वर्ण पत्र विलग होने लगेंगे। ज्यों ज्यों पास लाओगे उनका निराकरण बढेगा। अब उस छड़ को चंदेवे पर रखकर छड़ के भागों का उससे स्पर्श कराओ। छड़ की विजली उसमें प्रवेश कर जायगी और स्वर्ण पत्र धन विद्युत् से विद्युन्मय हो जायेंगे।

अब किसी विद्युन्मय वस्तु को चंदेवे के पास लाइये। यदि उस पर

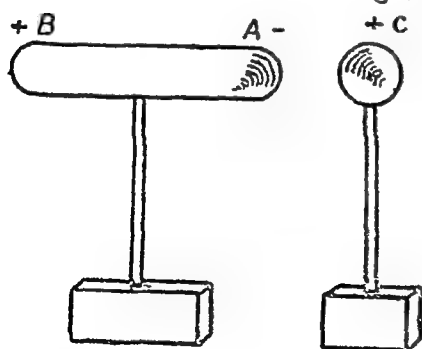
भौ० शा०—१०

धन विद्युत् होगी तो स्वर्ण पत्र का हटाव अधिक हो जायगा। ऋण विद्युत् होगी तो हटाव कम होने लगेगा।

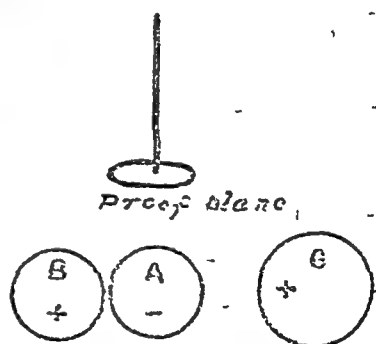
उपर्युक्त प्रयोग में हमने चदेवे को स्पर्श से विद्युन्मय किया है। उसके विद्युन्मय करने की एक और विधि है। हम बतला चुके हैं कि विद्युन्मय छड़ पास लेने से ही पत्रों का निराकरण होने लगता है। पर्याप्त विलगाव हो जाने पर चदेवे को उँगली से स्पर्श कर दो। छूते ही पत्रों का हटाव शून्य हो जायगा अर्थात् पत्र एक दूसरे के पास आ जायेंगे। अब उँगली हटा लो और तब विद्युन्मय छड़ भी हटाओ। उसके हटाते ही पत्रों का फिर निराकरण होगा, उनका हटाव बढ़ जायगा।

विद्युत् उपपादन (Electrostatic Induction)

कोई भी विद्युन्मय वस्तु यदि किसी रोधकारुढ़ चालक के पास लाई जायगी तो इस चालक में विद्युत् उपपादन होगा अर्थात् उसमें धनात्मक और ऋणात्मक विद्युत् समान मात्राओं में उत्पन्न हो जायेंगी। विद्युन्मय वस्तु पर धनात्मक विजली है तो इस वाहक के पास के सिरे पर ऋणात्मक और दूर के सिरे पर धनात्मक विद्युत् एकत्रित हो जायेंगी।



चित्र १३७



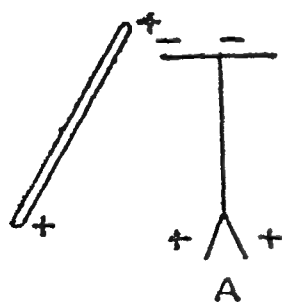
चित्र १३८

इस बात की जाँच के लिए—परीक्षक-पत्र से काम लेते हैं। यह पत्र पीतल का बना होता है और उसमें अचालक या विरोधक पदार्थ की डंडी

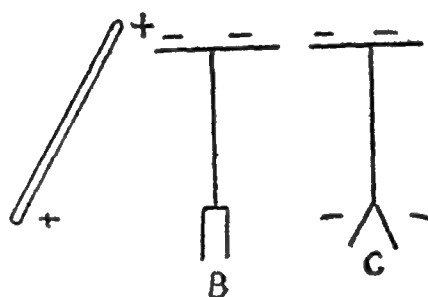
लगी रहती है। परीक्षा पत्रक से A छोर का स्पर्श करा दो। वहाँ की बिजली का कुछ अंश पत्रक पर आ जायगा। उसकी जॉच गूदागेद से कर लो। उस पर ऋणात्मक विद्युत् मिलेगी। इसी प्रकार B छोर पर धन विद्युत् पाई जायगी।

C के धन विद्युत् के कारण A की ऋण विद्युत् बँधी रहती है और उसी के निराकरण के कारण B की धन विद्युत् दूर भागने का भरसक प्रयत्न करती है। अतएव A B को स्पर्श करने से उस पर की धन विद्युत् शरीर में होकर धरातल में समा जाती है, परन्तु ऋण विद्युत् उसी पर बनी रहती है। C के हटा लेने पर यही ऋण विद्युत् A B पर फैल जाती है।

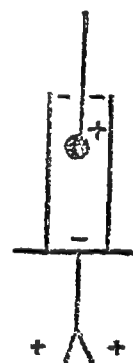
यही सब घटनाएँ स्वर्ण पत्र विद्युत् सूचक में होती हैं। अतएव विद्युन्मय डंडे से स्पर्श कराने से स्वर्ण पत्र सजातीय विद्युत् प्राप्त करते हैं। परन्तु उसकी उपस्थिति में स्पर्श करने के उपरान्त उसे हटा लेने से विजातीय विद्युत् प्राप्त करते हैं।



चित्र १३६



चित्र १४०



चित्र १४१

विद्युत् कहाँ रहती है ?

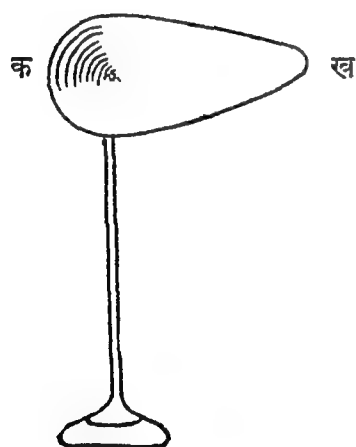
किसी खोखले टिन के पीपे को रोधक आसन पर विद्युन्मय कर लो। परीक्षा पत्र से परीक्षा करके मालूम कर लो कि भीतरी तल पर विद्युत्

है या नहीं। मालूम होगा कि केवल बाहरी तल पर विजली है, भीतरी पर नहीं है।

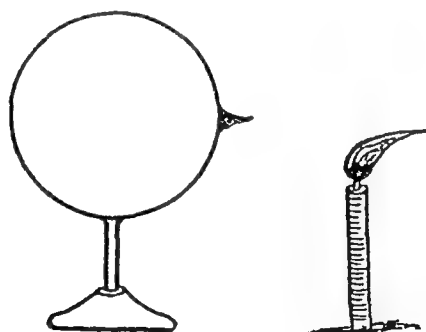
फेरेडेने एक काठ का बक्स लिया और उसके ऊपर पन्नी जड़ कर उसे बाहक बना लिया और रोधक आसन पर रखकर स्वयं एक विद्युत् सूचक लेकर उसमें बैठ गया। तदनन्तर एक बड़ी विजली उत्पादक मशीन से बक्स को विद्युन्मय कराया। यद्यपि बक्स के बाहर से बड़ी बड़ी चिनगारियाँ निकलती थीं, परन्तु फेरेडे तथा विद्युत् सूचक शान्ति पूर्वक भीतर बैठे रहे।

विद्युत् का ऊपरी तल पर वितरण

यदि चालक गोलाकार हुआ तो उस पर विद्युन्मात्रा सर्वत्र एक समान रहती है। यदि उसका आकार लंबोत्तरा हुआ तो पतले सिरे की तरफ अधिक मात्रा मिलेगी। चित्र १४२ में क पर कम और ख पर अधिक मात्रा मिलेगी। इस बात की परीक्षा प्रूफ प्लेन तथा विद्युत् सूचक से भली



चित्र १४२



चित्र १४३

भाँति की जा सकती है। यदि किसी गोलाकार चालक में एक कील जड़ दे और तब उसे विद्युन्मय कर दे तो कील पर इतनी अधिक विद्युन्मात्रा

एकत्रित हो जायगी कि वायु भी विद्युन्मय होकर दूर हटने लगेगी जैसा कि पत्तियाँ व्यवहार किया करती हैं। हवा के विद्युन्मय भूको की उपस्थिति किसी मोमवत्ती को उक्त कील के पास लाकर प्रदर्शित कर सकते हैं। मोमवत्ती की लौ भुक्त कर वायु के प्रवाह की दशा बता देगी।

घर्षण से दोनों प्रकार की समान विद्युन्मात्राएँ प्रकट होती हैं।

जिस वस्तु को घिसा जाता है उस पर एक प्रकार की तथा जिससे घिसा जाता है उस पर दूसरे प्रकार की विद्युत् प्रकट होती है। दोनों प्रकार की विद्युत् की मात्रा एक समान रहती है। किसी इबोनेट के डंडे को टोपी के आकार के फलालेन के टुकड़े से जिसमें रेशम का धागा बंधा हो, रगड़ो। तदनन्तर दोनों को विद्युत् सूचक के पास लाओ। विद्युत् की कोई उपस्थिति के लक्षण न दिखाई पड़ेंगे। अब रेशम के डोरे से फलालेन की टोपी उठाकर, टोपी की तथा छड़ की परीक्षा करो। पहले टोपी को विद्युत् विहोन विद्युत् सूचक के पास लाओ। उसके पत्र विलग हो जायेंगे। अब छड़ का भी उसके पास ले आओ। पत्र शीघ्र ही एक दूसरे से सट जायेंगे। कारण स्पष्ट है कि टोपी पास लाने से पहले जो ऋण विद्युत् पैदा हुई और जिसके कारण पत्र एक दूसरे से हटे, उतनी ही धन विद्युत् अब छड़ लाने से पैदा होकर पहले की ऋण विद्युत् को नष्ट कर देती है।

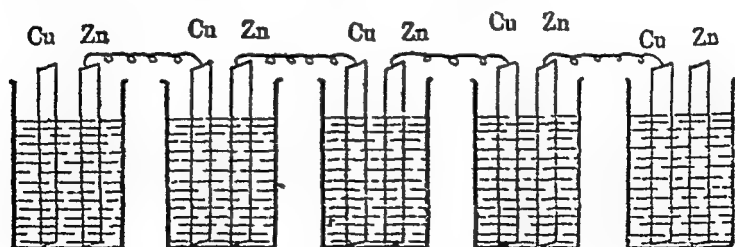
बाईसवाँ अध्याय

धारात्मक विद्युत्

एक कौंच या चीनी का गोल घट लेकर उसमें पानी मिला गंधक का तेज़ाब लगभग आधा भर दो। तदनन्तर एक शुद्ध जस्ता की और एक ताँबे की तख्ती लेकर इस तेज़ाब में डुबो दो। देखोगे कि न तो जस्ता ही तेज़ाब में गलता है और न ताँबा ही। ताँबा तो बगैर गरम किये पतले गन्धकाम्ल में गलता ही नहीं, परन्तु शुद्ध जस्ता भी नहीं गलता।

अब एक ताँबे का तार प्रत्येक तख्ती से लगा दो। जब कभी इन तारों का स्पर्श कराओगे उज्जन (Hydrogen) गैस ताँबे के पत्र पर प्रकट होगी। क्रमशः जस्ता गलता जायगा परन्तु उसके गलने से जो गैस पैदा होगी, वह ताँबे पर प्रकट होगी। साधारण बाजारू जस्ता अम्ल में डालते ही गैस देने लगेगा। यह गैस उसी के तल पर प्रकट होगी। यदि ऐसा है तो शुद्ध जस्ता लेने पर गैस ताँबे पर क्यों प्रकट होती है ?

जिस तार से जस्ता और ताँबे की तख्तियाँ सम्बद्ध की जाती हैं उसमें अनेक नई अद्भुत बातें देखने में आती हैं :—



चित्र १४४—विद्युद् घट माला (Battery of cells)

(१) यदि तार पतला हुआ तो थोड़ी देर में गरम हो जायगा।

(२) यदि किसी दिकसूचक की सूई के समानान्तर इस तार को रखे तो दिकसूचक की सूई (चुम्बक) तार से समकोण बनाने का प्रयत्न करेगी। यदि तार उत्तर दक्षिण दिशा में रखा जाय तो चुम्बक पूर्व पश्चिम दिशा में हो जायगा।

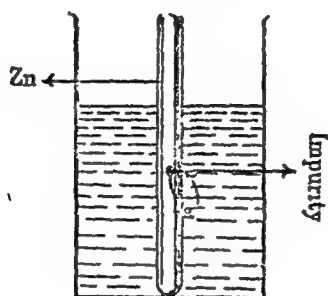
(३) यदि इस तार को बीच में से काट कर नीले थोथे के घोल में दोनों छोर डाल दे तो एक सिरे पर तांबा जमने लगेगा।

यह सब बातें बतलाती हैं कि तार में कोई नई शक्ति का आविर्भाव हुआ है। इसी बात को वैज्ञानिक भाषा में कहते हैं कि तार में बिजली की धारा बह रही है। घट के भीतर विद्युत् धारा जस्ते से तांबे की ओर और घट के बाहर तांबे से जस्ते की ओर जाती है, ऐसा माना जाता है। यही कारण है कि गैस जस्ते पर न दिखाई देकर तांबे पर प्रकट होती है।

बाजारू जस्ता लेने से विद्युत् धारा या तो पैदा ही न होगी या होगी भी तो बहुत कम। परन्तु शुद्ध जस्ता बड़ा मँहगा पड़ता है, इसलिए बाजारू जस्ते की तख्ती बनाकर उस पर पारा और पतले गन्धकाम्ल की मालिश स्पज या रूई से करते हैं। अम्ल जस्ते की सतह को साफ कर देता है और पारा जस्ते के साथ अमलगम (Amalgam) अथवा धातुमिश्रण बना लेता है जो एक प्रकार का जस्ते का पारद में घोल सा होता है। यह पारद चढ़ा हुआ जस्ता शुद्ध जस्ते के समान व्यवहार करता है।

तेजाब की क्रिया जब पारद की तह पर होती है तो उसमें का जस्ता गल जाता है। तब पारद नीचे की तह में से और नया जस्ता घुला लेता है। इस प्रकार शुद्ध जस्ता आवश्यकतानुसार नीचे से ऊपर आता जाता है। शुद्ध जस्ते के गलाने के लिए एक विद्युत् चक्र तांबे और जस्ते का बनाना पड़ता है। बाजारू जस्ते में, उसके भीतर की अशुद्धता के कारण उसी के पिण्ड में तांबे के स्थान पर उसी के समान काम देने वाले कण उपस्थित रहते हैं। अतएव जस्ते के पिण्ड में ही

अनेक छोटे विद्युत् घट उत्पन्न हो जाते हैं और वह निरन्तर गलता रहता है। यदि ताँबे की तखती का प्रयोग कर उसे जस्ते की तखती से तार द्वारा सम्बद्ध भी कर दें तो भी बहुत कम विद्युत् धारा उपलब्ध होगी और जस्ता बहुत खराब जायगा। इसीलिए इस क्रिया को रोकने के लिए जो स्थानीय क्रिया (Local action) कहलाती है, शुद्ध जस्ते का अथवा पारद चढे हुए जस्ते का प्रयोग करते हैं।



चित्र १४१

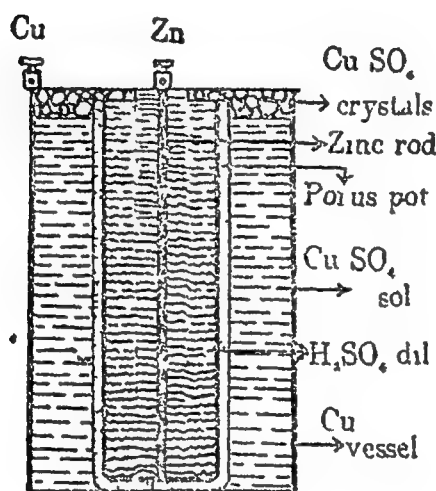
इस साधारण विद्युत्-घट में स्थानीय क्रिया के अतिरिक्त एक और त्रुटि रहती है। वह यह है कि जो उज्ज्वल गैस (Hydrogen gas) ताँबे पर प्रकट होती है वह उसी से कुछ अंश में चिपकी रह जाती है। अतएव जहाँ जहाँ गैस जम जाती है तहाँ तहाँ ताँबे का अम्ल से स्पर्श नहीं हो पाता। इसलिए विद्युत् धारा क्रमशः घटने लगती है और अन्त में बन्द हो जाती है। यह क्रिया (Polarisation) गैसाच्छादन कहलाती है। इससे छुटकारा पाने के लिए ही अनेक प्रकार के विद्युत् घटों का आविष्कार हुआ है।

हम यहाँ पर दो साधारण विद्युत् घटों का व्योरा देते हैं, जो प्रायः प्रयोगशालाओं में काम आते हैं।

डेनियल सेल (Daniell Cell)

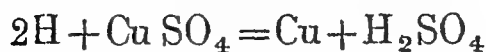
इस घट का वर्तन ताँबे का बना होता है। वर्तन के मुँह के पास एक

छेदो वाली पाकेट सी बनी रहती है, जिसमे तूतिया के बड़े बड़े रवे रखे रहते हैं। बर्तन मे तूतिया का गाढा घोल भरा रहता है। इस घोल में एक मट्टी का मसामदार बेलनाकार बर्तन रहता है, जिसमे पानी मिश्रित गन्धकाम्ल रहता है। गन्धकाम्ल मे पारा चढ़ा हुआ जस्ते का डडा रहता है।



चित्र १४६

जस्ता गन्धकाम्ल मे गल कर उज्जन गैस बनाता है, जिसके परमाणु विद्युन्मय होते हैं और अम्ल तथा मट्टी के बर्तन और तूतिये के घोल मे से निकलते हुए तावे के बरतन तक पहुँच जाते हैं। यहाँ वे अपनी विद्युन्मात्रा ताँवे को देकर साधारण परमाणु बन जाते हैं और तूतिये से प्रक्रिया कर डालते हैं।



यह तौँबा बाहरी घट की भीतरी सतह पर जम जाता है और विद्युत् धारा तार द्वारा जस्ते की छड़ तक वापस चली जाती है। इस प्रकार विद्युच्चक्र (Electric circuit) पूरा हो जाता है।

गैस को न इकट्ठा होने देने वाला पदार्थ यहाँ तृतिया है। घट का विद्युत् दबाव (E M F) लगभग १ वोल्ट के होता है।

बुनसेन सेल (Bunsen cell)

इस बाटरी में बाहरी वर्तन मट्टी या कॉच का होता है, जिसमें पानी मिला गन्धकाम्ल भरा रहता है। इस अम्ल में मसामदार मट्टी का वर्तन रहता है, जिसमें कार्बन की छड़ पड़ी रहती है। वर्तन में गाढ़ा शोरासु (Nitric acid) रहता है।

जस्ता गन्धकाम्ल में गलता है। गैस के विद्युन्मय परमाणु (ions) पोरस पाट में से होते हुए कर्बन तक पहुँच जाते हैं। वहाँ अपनी विद्युन्मात्रा कर्बन को देकर साधारण परमाणु बन जाते हैं। शीघ्र ही उन्हें शोरासु पानी में परिणत कर देता है।

इस घट में गैसाच्छादन का मिटाने वाला (Depolariser) गैसाच्छेदक शोरासु है। इस घट का वैद्युतिक दबाव (Electric Pressure or Electromotive force or E M F) लगभग २ वोल्ट के होता है। परन्तु उज्जन के ओपिदीकरण में शोरासु में से दुर्गन्ध युक्त भाप निकलती है जो कमरे में रखी वस्तुओं को भी खराब कर देती है।

साधारण वोल्टासेल में ताँबा धनात्मक दण्ड और जस्ता ऋणात्मक दण्ड होता है अर्थात् विद्युत् धारा ताँबे से निकल कर घट के बाहर जस्ते की ओर प्रयाण करती है। डेनियल और बुनसन विद्युत् घटों में ताँबा तथा कर्बन धनात्मक दण्ड और जस्ता ऋणात्मक दण्ड रहते हैं।

विद्युत् धारा का चुम्बक पर प्रभाव

हम बतला चुके हैं कि यदि विद्युत् वाहक तार किसी कीली पर आरुढ़ चुम्बक के (जैसे दिक्सूचक का चुम्बक) समानान्तर उसके ऊपर या नीचे रखा जाय तो चुम्बक घूमकर तार से समकोण बनाने की चेष्टा करता है।

यह ध्यान रखते हुए कि धारा चुम्बक के ऊपर उत्तर से दक्षिण को था दक्षिण से उत्तर को जा रही है, तार को चुम्बक के ऊपर और नीचे, उलट पुलट कर रखो और निरीक्षण इस प्रकार लिखो ।

तार चुम्बक के ऊपर रखकर

धारा की दिशा—चुम्बक का उ० के० किधर को गया

द०— उ० —

उ०— द० —

तार चुम्बक के नीचे रखकर

धारा की दिशा—चुम्बक का उ० के० किधर हटा

द०— उ० —

उ०— द० —

इस सूची के तय्यार हो जाने पर एम्पियर का नियम समझ में आ जायगा—

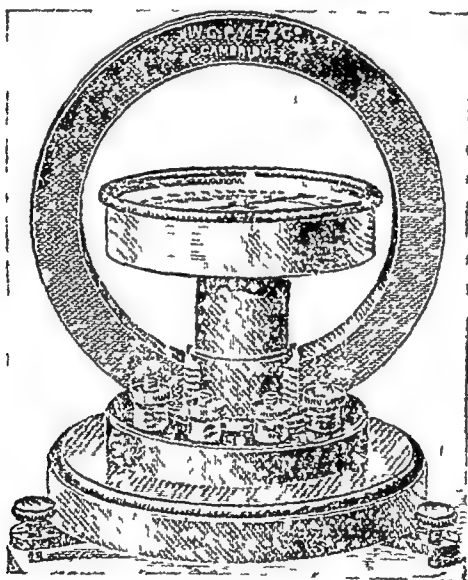
यदि कोई व्यक्ति धारा के साथ इस प्रकार तैरे कि उसका मुँह चुम्बक की तरफ रहे तो चुम्बक का उ० के० सदा उसके दहने हाथ की तरफ हटैगा ।

धारा सूचक—यदि एक चुम्बक को ऊर्ध्व कीली पर आरुढ़ करके उसके चारों ओर एक पाटाच्छादित तार की बेठन बना दे तो चुम्बक की गति से पता चल जायगा कि बेठन में धारा बहती है या नहीं और यदि बहती है तो किस दिशा में । यह एक दिक्सूचक बन गया । बेठन के दोनो सिरे दो बंधक-पेचों के नीचे दबा दिये जाते हैं, जिसमें सूचक उस चक्र (Circuit) के अन्तरगत लाया जा सके जिसमें धारा की परीक्षा करना है ।

धारा मापक (Galvanometers)

आठ या दस इंच व्यास का एक लकड़ी या पीतल का चक्र लेकर उस पर पतले ताँबे के तार की ५० या ६० लपेट की बेठन खाँचे में बैठा दी

जाती है। वेठन के दोनों छोर दो वधक पेचों से कस दिये जाते हैं। चक्र के केन्द्र पर एक दिक्सूचक बक्स (Compass box) इस प्रकार जड़ देते हैं कि चुम्बक ठीक केन्द्र पर रहे। दिक्सूचक बक्स पीतल का गोल डिब्बा होता है। इसके पेदे में एक गोल आइना रहता है, आइने के केन्द्र पर कीली रहती है। और आइने के ऊपर एक डिग्रियों से अंकित पीतल का गोल चक्र लगा रहता है। कीली पर चुम्बक आरुढ़ रहता है चुम्बक के समकोण एक सूई रहती है जिसके दोनों छोर डिग्री वाले चक्र पर घूमते हैं और चुम्बक का हटाव बतलाते रहते हैं।



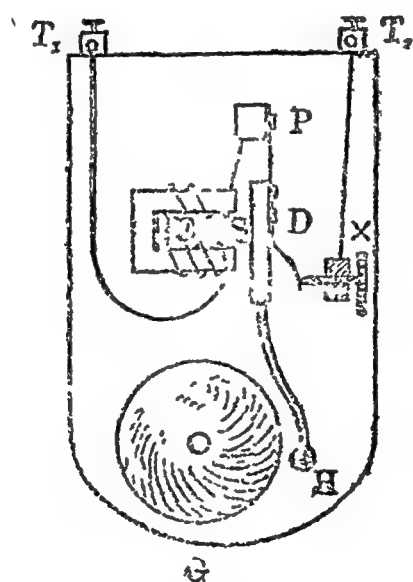
चित्र १४७

पहले वेठन को चुम्बकीय याम्योत्तर में (जिस दिशा में चुम्बक स्वभावतः ठहरा हो) रख देते हैं। वेठन और चुम्बक समानान्तर होते हैं। तब जिस चक्र में धारा का परिमाण नापना होता है, उसके सिरे धारा मापक के वधक—पेचों से जोड़ देते हैं। चुम्बक की स्थिति पहले प्रायः 0°

पर रहती है। धारा का प्रवाह होने पर चुम्बक घूमता है और उसका इटाव देख लिया जाता है। इस इटाव से धारा का परिमाण नापा जा सकता है।

विद्युच्चुम्बक का उपयोग

हम चुम्बको का वर्णन करते हुए बतला चुके हैं कि नरम लोहे की छड़ या नाल पर लपेट देने से और तार में बिजली प्रवाह कराने से एक प्रकार का चुम्बक बन जाता है, जिसे विद्युच्चुम्बक कहते हैं। देखो (चित्र १२० तथा १२१)

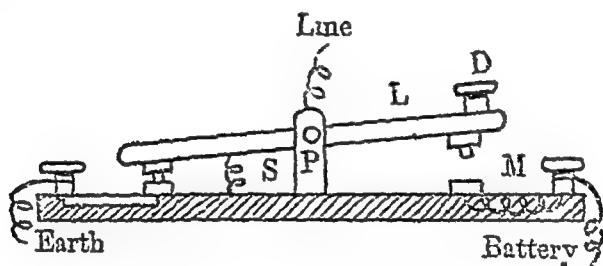


चित्र १४८

विद्युच्चुम्बक की सहायता से अनेक यंत्र बन सकते हैं, जिनमें पहले हम बिजली की घंटी का वर्णन करेंगे। मानलो कि बिजली T_1 पेच से प्रवेश करती है। यह बिजली E विद्युच्चुम्बक की वेठन में जाकर उसको चुम्बक बना देगी। तदनन्तर P तक पहुँच कर D तक जायगी। D का स्पर्श X पेच से है, अतएव X में होकर T_2 तक पहुँच कर विद्युत्घट तक वापस चली जायगी।

अब E मे चुम्बकत्व उदय होते ही वह D H शालाका को जो लोहे की बनी होती है अपनी तरफ खींचेगा। इसलिये D कमानी X से हट आयेगी और विद्युच्चक्र भङ्ग हो जायगा। अतएव E का चुम्बकत्व नष्ट हो जायगा और D H फिर अपने स्थान पर पहुँच कर X को स्पर्श करेगा। फिर विद्युच्चक्र पूरा होकर E को चुम्बक बना देगा और पूर्ववत् क्रम जारी रहेगा।

H के पास ही एक घंटी G लगी हुई है, जब D H को E खींचता है तो G बज उठती है। इस प्रकार जब तक विद्युत् धारा T_1 या T_2 से प्रवेश करती रहेगी घंटी बजती रहेगी। बिजली की घंटी मे धारा भेजने के लिये बटनस्विच लगा रहता है। जब तक बटन दबा रहेगा घंटी बजती रहेगी।

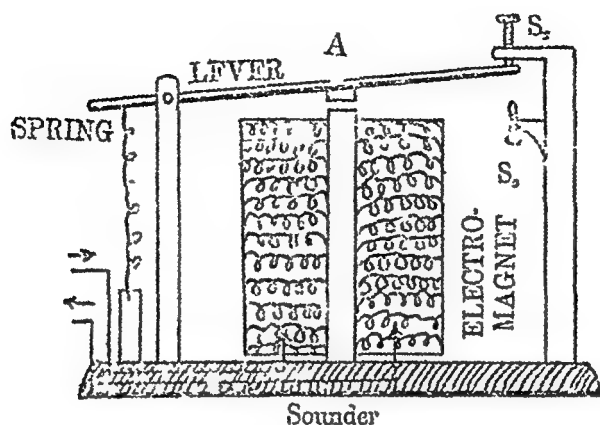


चित्र १४६

तार भेजने का यंत्र

चित्र मे तार भेजने का यंत्र दिखालाया गया है। बाएं हाथका पेच पृथ्वी से संलग्न है और दहने हाथ का पेच विद्युद्घट माला (Battery of cells) से। L एक धातु निर्मित डंड है जो P कीली पर घूम सकता है। S कमानी से खिंचाव से L का बायाँ छोर नीचे की ओर दब कर बाये पेच से संलग्न रहता है। L के दहने सिरे पर एक इवोनेट की घुन्डी लगी रहती है, जिससे हम L को दबाकर M से स्पर्श करा सकते हैं।

M से स्पर्श करते ही विद्युद्धार आने लगती है, जो L में होकर P तक पहुँचती है और वहाँ से तार द्वारा दूर के स्थान को चली जाती है।

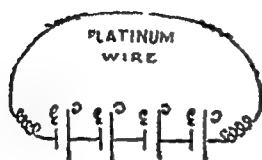


चित्र १५०

तार लेने का यंत्र

दूसरे स्थान पर यह धारा पहुँचकर एक विद्युच्चुम्बक में प्रवेश करती है, जिसमें चुम्बीय शक्ति जागृत होकर A डंड को खींच लेती है। यह डंड बाईं तरफ की कमानों के कारण उसी तरफ झुका है। और दाहिनी तरफ उठा रहता है। जब यह विद्युच्चुम्बक की तरफ खिंचता है तो S₂ पेच पर टकराता है। जब धारा का आना बन्द हो जाता है तो फिर यह ऊपर उठकर S₁ से टकराता है। इन दो टकराने के शब्दों का अन्तर भेजने वाले यंत्र के D के दबाने के समय पर निर्भर रहता है। अतएव D को कम या अधिक समय तक दबाये रखने से खटखट शब्दों का अन्तर न्यूनाधिक कर सकते हैं। इन्हीं न्यूनाधिक अन्तरों पर कोड बनाया गया है। थोड़े अन्तर को dot या गिर कहते हैं और देर के अन्तर को dash या गट्ट कहते हैं। इन्हीं dots तथा Dash की सहायता से वर्ण-माला के द्योतक चिन्ह बना लिए जाते हैं। बहुत दिन हुए जब बिजली की धारा के आने तथा जाने दोनों के लिए अलग अलग तार काममें लाये

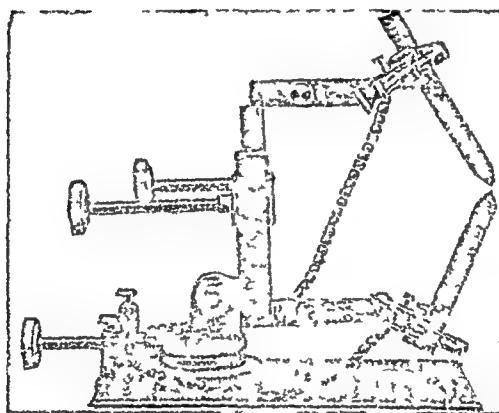
जाते थे, परन्तु कुछ समय से केवल एक तार का प्रयोग करते हैं। दूसरे तारों का काम धरती से लेते हैं।



चित्र १५१



चित्र १५२—बल्ब (Bulb)



चित्र १५३—आर्कलेम्प (Arclamp)

बिजली के बल्ब

हम बतला चुके हैं कि पतली तार में होकर विद्युत् धारा बहती है तो खूब गरम हो जाता है। इसी सिद्धान्त पर बिजली के बल्ब बनाये जाते हैं।

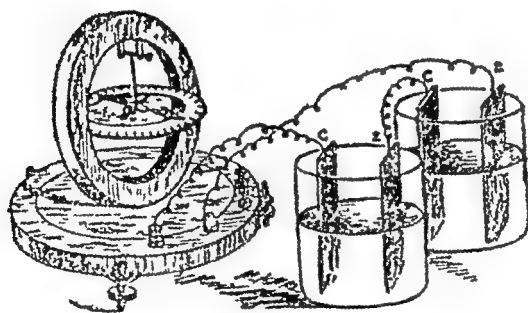
बल्ब दो प्रकार के काम आते हैं। एक तो वह जिनमें तार बहुत लम्बा होता है और कई खूटियों पर जाल की नाई तना रहता है। इन बल्बों में शून्य रहता है। वायु निकाल दी जाती है।

दूसरे प्रकार के बल्बों में कोई अक्रियात्मक (inactive) गैस भर दी जाती है। इन बल्बों का तार छोटा होता है। यही Gas filled lamps गैस भरी बत्तियाँ या Half Watt lamp अर्ध वाट लेम्प कहलाते हैं। इनमें विजली कम खर्च होती है।

विजली के चूल्हे या स्टोव

नाइक्रोम, (Nichrome) जो निकिल तथा क्रोमियम का धातु मिश्रण होता, विजली की धारा के संचालन में बहुत ज्यादा बाधा Resistance उपस्थित करता है। इसीलिए इसी धातु मिश्रण के तारों से विजली के चूल्हे अथवा स्टोव बनाये जाते हैं।

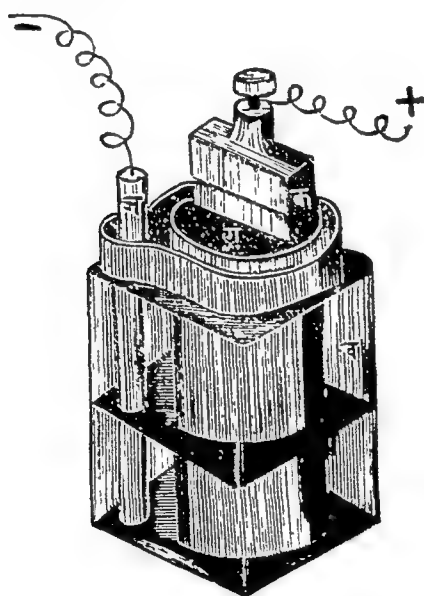
ऐसी ही स्टोव को किसी धातु निर्मित नतोदर दर्पण की नाभि पर रख दे तो जो गर्मी पैदा होकर दर्पण की ओर जायगी वह प्रतिफलन के पश्चात् कमरे में फैल जायगी।



चित्र १५४—विद्युद्धार मापक से संबद्ध दो विद्युद्वट

विजली से आजकल बहुत काम लिये जाते हैं, विजली की भाड़, दूध निकालने की मशीन, पखा आदि अनेक साधन मनुष्य को सुख पहुँचाने के विजली द्वारा उपस्थित हैं।

घंटियो और तार घरों में काम आने वाली बाटरी जिस बाटरी से थोड़े समय के लिए बिजली की अच्छी धारा प्राप्त हो सकती है वह लेकलाकी विद्युत् घट है (Lechlanche cell) । इस घट का बाहरी बर्तन चीनी अथवा काच का होता है, जिसमें नौसादर (Ammonium Chloride) का सघृक्त घोल भरा रहता है । इस घोल में जस्ते की छड़ पड़ी रहती है । एक मसामदार चीनी के बेलनाकार बर्तन में मगनीज द्विआधोषिद तथा कर्बन के टुकड़ों का मिश्रण भरा रहता है । इस मिश्रण के बीचों बीच कर्बन की एक छोटी तखती लगी रहती है । इस बर्तन का मुँह लाख या चपड़े से बन्द करके उसमें एक दो सूराख गैस आदि निकलने के लिए रख देते हैं ।



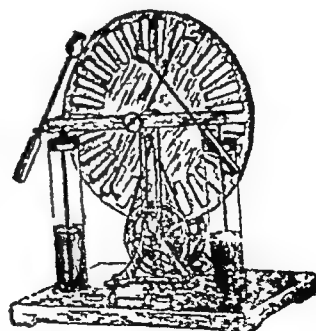
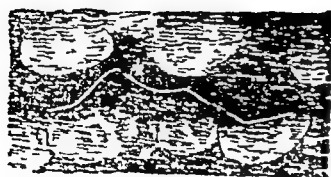
चित्र १५५—लेकलाकी विद्युत् घट (Lechlanche cell)

जब विद्युच्चक्र पूरा होता है तो जस्ता नौसादर में धुल कर अमोनियम के आयन (ion) पैदा कर देता है, जो घोल तथा मिश्रण में से होकर

कर्वन की प्लेट तक पहुँच जाते हैं। वहाँ पर अपनी विद्युन्मात्रा प्लेट को देकर स्वयं अमोनिया के अणु तथा उज्जन के साधारण परमाणु बन जाते हैं। इन्हे मंगनीज द्विअोषिद पानी में परिणत कर देता है। द्विअोषिद ढोस होने के कारण अच्छा गैसोच्छेदक नहीं है। इसी लिए यह बाटरी थोड़े समय के लिए ही काम दे सकती है, तदनन्तर उसे विश्राम देना पड़ता है। द्विअोषिद अच्छा चालक भी नहीं है, इस लिए उसमें कर्वन के टुकड़े मिला देते हैं।

सूखी बाटरी (Dry cell)

जो सूखी बाटरी टोर्च में काम आती है, वह भी लेकलाकी सेल ही होती है। इनमें बाहर का बर्तन जस्ते का रहता है। उस पर पारिस प्लास्टर (Plaster of Paris) आटा, यशद हरिद (Zinc Chloride) और पानी के मिश्रण का अस्तर चढ़ा रहता है। उसके भीतर एक मलमल के टुकड़े में कर्वन की तखती या छड़ तथा उसके चारों ओर मंगनीज द्विअोषिद तथा कर्वन के टुकड़ों का मिश्रण बंधा रहता है। उक्त बेलनाकार जस्ते के बर्तन में इसको रख कर किसी दफती में लपेट देते हैं और बर्तन का मुँह चपड़े से बंद कर चपड़े में दो एक छिद्र बना देते हैं। इन विद्युत् घटों में जस्ता ऋणात्मक तथा कर्वन धनात्मक डक होता है।



चित्र १५६—बिजली की चिंगारी चित्र १५७—विहमशर्स्ट यंत्र
(Whimshurst machine)

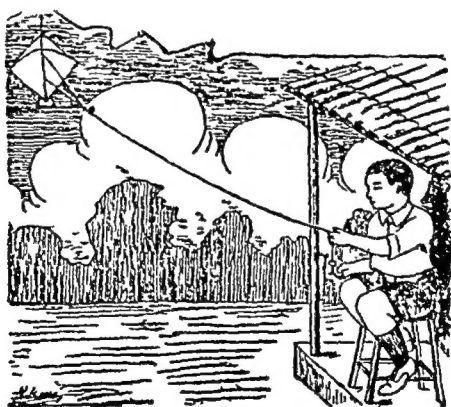
सिनेमा के लेम्प

सिनेमा आदि में बहुत तीव्र प्रकाश की आवश्यकता होती है। यह लेम्प भी बिजली से प्रदीप्त होते हैं, इन्हें arc lamp आर्क लेम्प कहते हैं।

पहले दोनों कार्बन की पेसिले सटाकर रख दी जाती हैं और उनमें धारा प्रवाहित की जाती है। तदनन्तर पेसिले धीरे धीरे दूर हटाई जाती हैं। उनके बीच में बिजली का अत्यन्त तीव्र प्रकाश उत्पन्न हो जाता है।
(देखो चित्र १५३)

आकाश की बिजली

जो बिजली कॉच की छड़ों को घिस कर पैदा करते हैं वैसी ही बिजली बादलों में प्रायः उपपादन द्वारा प्रकट हो जाती है। यह बात वेजमिन फ्रेकलिन ने पतंग में कील बाँधकर सिद्ध कर दी थी। पतङ्ग उड़ाकर उसकी डोर में एक और कील बाँध कर लटका दी, इस कील से बिजली की चिंगारियाँ निकलती थी।



चित्र १५८

इस बात का प्रयोगशाला में दिखाने के लिए Whimshurst machine काम में लाते हैं।

इसमें दो एवोनैट की प्लेटे रहती हैं, जिन पर पन्नी के “श्री” के आकाश के टुकड़े लगे रहते हैं। दोनों प्लेट एक धुरे पर (Axle) इस प्रकार आरुढ़ कर दी जाती हैं कि दोनों एक ही दस्ते से विपरीत दशाश्रों में घूमें। प्लेटों के दाएँ बाएँ कँधियाँ लगी रहती हैं, जिनमें विद्युत् उपपादन से पैदा होती है। कँधियों से लगी हुई दो धातु की पतली छड़ें रहती हैं, जिनको पास पास रखने पर चिंगारियाँ पैदा होती हैं। यदि इन छड़ों को कंडेसरो (Condensers) से सबद्ध कर दे तो १ या २ इंच लम्बी चिनगारियाँ चटाचट निकलती दिखाई पड़ेगी। उनका शब्द भी सुनाई पड़ेगा। यह छोटी चिनगारियाँ बतला देगी कि किस प्रकार मेघ मालाश्रों में विद्युच्छक्ति उत्पन्न होकर शब्द उत्पन्न कर देती है, जिसे ध्वनि का गर्जन कहते हैं।



